

Der Neubau des eingestürzten X. Ringes im Tunnel zu Csortanovce, Linie Budapest-Semlin der königl. ung. Staatsbahnen.

Von **Michael von Könyves-Tóth**, Ingenieur.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 5—8.)

Die nachstehenden Mittheilungen beziehen sich auf eine, von ziemlich erschwerenden Umständen — Fundirung eines Ringes im Schwimmsande in einer Tiefe von $3\frac{1}{2}$ m unter Schwellenhöhe und unter einem Einsturz-Schuttkegel von 40 m Höhe — begleitete Tunnel-Reconstruction, zu deren Durchführung der Verfasser von der Tunnelbau-Unternehmung Cless zu Beginn des Jahres 1882 berufen worden ist.

Der näheren Besprechung dieses Falles sei eine kurze Beschreibung und Baugeschichte des in Rede stehenden Tunnels vorausgeschickt und folge ich dabei, stellenweise in wörtlicher Uebersetzung, einem von dem Bauführer der königl. ungarischen Regierung, Herrn Ingenieur Gustav v. Kádár, im ungarischen Ingenieur- und Architekten-Vereine zu Pest am 7. April 1883 gehaltenen, in der Zeitschrift dieses Vereines (1883, XVII, 4) veröffentlichten Vortrage. Hieran sollen sich einige Bemerkungen schliessen, welche diesen Tunnelbau vom Standpunkte des Unternehmers beleuchten.

I. Beschreibung des Baues.

1. Gebirgsformation und Lage des Tunnels.

Die Linie Budapest-Semlin der königl. ungar. Staatsbahnen enthält in ihrem letzten Abschnitte Neusatz-Semlin, 3—4 km von Karlovitz entfernt beginnend, eine 3.5 km lange, in Rutschterrain liegende Gebirgsstrecke, welche mit $12\frac{50}{100}$ gegen den 650 m langen Tunnel bei Csortanovce ansteigt. Der Tunnelleingang selbst mit ungefähr 60 m Tunnelröhre liegen noch im Rutschterrain.

Hinter dem Tunnelausgange folgt ein Hügelland, welches sich gegen Semlin wieder in die Ebene verflacht.

Die Umgebung des Tunnels bildet hügeliges, meist zu Rutschungen geneigtes Terrain, welches nordwärts allmähig gegen das hier kaum 100 m breite Inundationsgebiet der Donau abfällt und von Mulden und Thälern durchzogen ist, von denen viele ohne allen Abfluss sind.

Gegen Osten erfolgt der Abfall gegen das Donauthal stellenweise in steilen Wänden, welche von Weitem das Aussehen von Felswänden haben, thatsächlich aber 10 bis 15 m hohe verticale Abstürze in sandigem gelben Lehm sind. Dieser Steilrand liegt etwa 600 m vom flachen Donauufer entfernt und erhebt sich bis auf 120 m über dasselbe (170 m über das adriatische Meer); er bildet die Begrenzung des Hochplateau's, welches sich bis zur Save erstreckt. In diesem Hochplateau befindet sich, wie erwähnt, eine Reihe von Thälern mit äusserst geringem Gefälle, es gibt sogar Thäler ohne Abfluss. Die Sohle der meisten Thäler bedeckt eine 4—5 m mächtige wasserführende Humusschichte.

Der Tunnelleingang liegt 60—70 m von der erwähnten Steilwand, somit im Rutschterrain, während die Ausmündung in einer äusserst nassen Thalsohle des Hochplateau's gelegen ist.

Die Probebohrungen und die Aufnahmen während des Baues ergaben rücksichtlich der Gebirgsbeschaffenheit folgendes Resultat:

Am Hochplateau liegt 1 m Humus, darunter eine wenig sandige, gelbe Lehmschichte von 15 m Mächtigkeit, worunter rothe und gelbe Lehmschichten mit bis zu 4 m Mächtigkeit abwechseln. In jeder dieser unteren Schichten findet man Kalkconcretionen, welche oft faust- ja kopfgross sind. In manchen Schichten kommen sie massenhaft vor und sind diese Schichten alsdann wasserführend.

Diese Concretionen und eingelagerten Schotternester geben Veranlassung zu dem Entstehen kleiner Quellen, welche sich in der steilen Wand ergiessen.

Der Wasserandrang im Tunnel war während des Baues im Durchschnitte 840 hl pro Tag = 84 m^3 .*)

Der Csortanovcer Tunnel steigt von der Donauseite mit $11\frac{0}{100}$ an; die angrenzenden offenen Strecken haben $12\frac{50}{100}$ Steigung. Die Trace des Tunnels zeigt eine S-Form, indem sich an die in der Mitte des 650 m langen Tunnels liegende Gerade von 400 m Länge Contracurven von 275 m Radius anschliessen.

Der Csortanovcer Tunnel ist mit einem Sohlenstollen angefahren worden, und zwar von 2.40 m lichter Höhe und 2.50 m mittlerer lichter Weite. Auf der Donauseite wurde der Sohlenstollen schon am 20. November 1880 angeschlagen, beim Tunnelausgange musste früher der Voreinschnitt durch einen Abzugsgraben mit Contragefälle entwässert werden, da das Grundwasser beim Tunnel-Ausgangsportale 4 m ober Schwellenhöhe stand; hier konnte der Sohlenstollen erst am 21. Mai 1881 angeschlagen werden.

Am Tunnelausgange lag der Sohlenstollen im Gefälle, das Wasser musste daher in einzelnen Saugschächten gesammelt, in mehreren Abtheilungen gepumpt, und in aufgehängten hölzernen Rinnen in den Abzugsgraben mit Contragefälle abgeleitet werden. Das Gebirge war während des Stollentreibens fortwährend durchnässt und löste sich „vor Ort“ muschelartig ab, so dass die Brust immer verkleidet werden musste. Interessant ist es aber, dass das Gebirge nach erfolgtem Stollendurchschlage, durch die hiedurch bewirkte Entwässerung, gerade in dieser Partie des Tunnels am meisten trocken wurde, und dass der Sohlenstollen auch nach einem Jahre noch gar keine Druckäusserungen gezeigt hat.

Am Tunnelleingange dagegen war der Sohlenstollen, in der Steigung von $11\frac{0}{100}$ liegend, während des Vortriebes

*) Es betrug der Wasserandrang pro Tag:
im Ratkonyaer Tunnel in Ungarn, österr. Staatsbahn, Temesvár-Orsovaer Linie 600—1400 m^3
Suttrastollen in Amerika 1700 „
Hauenstein-Tunnel in der Schweiz 3.000—7.000 „
Gotthard-Tunnel 20.000—30.000 „

ziemlich trocken, obzwar auch da manche nasse Stellen, und muschelartige Ablösungen vorkamen.

Gerade dieser trockene Theil des Tunnels zeigte aber später Bläherscheinungen. Der Sohlenstollen wurde während seines Vortriebes circa 150 m vom Eingange in 70 m Länge zusammengequetscht und musste ausgewechselt werden. Um das Gebirge vollends zu entwässern, ist unter dem Tunnel in 200 m Länge, 3 m unter der Schwellenhöhe und 10 m bergseits parallel zur Achse ein Entwässerungs-Stollen getrieben worden.

2. Bausysteme.

Der in Rede stehende Tunnelbau ist in zwei Bauperioden zu theilen:

a) Erste Bauperiode. In der ersten Bauperiode ist in jedem Ringe — ohne Rücksicht auf dessen Länge — nur je eine Mittelzimmerung ausgeführt worden, und im vollen Gange der Aufbrüche lagen die Enden der Kronbalken gegen den bereits fertigen Ring bloß auf dem Mauerwerke auf.

Dieses Bausystem war ein Gemisch von Bockgespärre und Stielzimmerung. Die Brustzimmerung hatte nämlich ein Bockgespärre mit vier Hauptständern, die Brustschwelle war zweitheilig und waren darauf die Kronbalken mit kurzen Ständern gestützt.

In der Mitte des Ringes war aber eine Stielzimmerung derart angeordnet, dass die oberen sechs Kronbalken direct von der Sohle aus abgefangen wurden. Eine solche Zimmerung hat in einem Ringe von 6 m Länge 23 m³ Rundholz und 18 m³ Schnittholz in Anspruch genommen.

In der ersten Bauperiode ist das Sohlengewölbe nicht im Vorhinein ausgeführt worden, die für das Sohlengewölbe bestimmten Pedolinquadern wurden jedoch versetzt.

Entwässerungs-Anlagen für das Tunnelmauerwerk sind am ganzen Umfange bis zur Schwellenhöhe ausgeführt worden, u. zw. 5 cm dicker Cementüberzug und 30 cm Trockenmauerwerk. Das Wasser wurde in Schwellenhöhe mittelst einzelner Schlitzte in den Sohlencanal geleitet.

Bei einem derartigen Bauvorgange wurde an den fertigen Tunnelringen eine stetige Versmälnerung wahrnehmbar, welche am Tunnel- eingange bei einigen Ringen im Monate Jänner 1882 bereits 20—30 cm betrug und Veranlassung gab, das Sohlengewölbe in Rippen von 2—3 m Länge schnellstens einzuziehen.

Nach dem Einziehen des Sohlengewölbes hat die Bewegung allmählig aufgehört, mit Ausnahme von drei nebeneinander im IIIten Aufbruche liegenden Ringen, welche auch noch nach einem Monate nach dem Einziehen des Sohlengewölbes eine neue 5—6 cm betragende Verengerung erfuhren. Diese Ringe wurden dann mit Holzeinbau versehen und nach Fertigstellung der ganzen Tunnelröhre ausgewechselt.

In Anbetracht der grösseren Deformations-Erscheinungen musste das Bausystem zweckentsprechend verändert werden und trat der Bau demzufolge im Jahre 1882 in eine zweite Periode.

b) Zweite Bauperiode. Bei der Bölzung der zweiten Bauperiode wurde eine Unterstützung der Kron-

balken auf je 2 m Distanz verlangt, die Anzahl der Mittelgespärre wurde somit von der Ringlänge abhängig. Als Maximum der Ringlänge wurden 6 m festgesetzt.

Die Mittelgespärre waren bei diesem Bausysteme Bockgespärre, ähnlich wie die Brustgespärre, nur mit dem Unterschiede, dass, während bei den Brustgespärren die zweitheiligen Brustschwellen beiderseits je 30 cm in die Mauerung hineinreichen und eingemauert wurden, um den Brustdruck aufzunehmen, bei den Mittelgespärren die Querschwelle bloß aus einem Stück bestand, welches nur so lang war, dass der Raum für die Mauerung vollkommen frei blieb. Auf diese kurzen Querschwellen wurden dann die in gleicher Höhe befindlichen Kämpfer-Wandruthen mit horizontalen Spreizen abgestempelt.

Unter jede Brust- und Querschwelle kamen vier Hauptständer. Diese wurden — um das Sohlengewölbe im Vorhinein einziehen zu können — um 20 cm tiefer versetzt, als der tiefste Punkt der Sohlengewölbe und der Fundamente.

Zur Erzielung eines Längenverbandes wurden unter die Brust- und Querschwellen beiderseits parallel zur Tunnelachse mächtige Längsträger gezogen, welche um einer Gefahr im Falle der Aufweichung der Sohle und des Nachgebens der Hauptständer vorzubeugen, mit schiefen Streben zuerst auf die Fundament-Wandruthen, und nach dem Einziehen der Sohlengewölbe und Anlegen der Widerlager, auf die Pedolinquader abgefangen wurden.

Ein solcher vollkommener Einbau enthielt bei 6 m Ringlänge 29 m³ Rundholz und 19 m³ Schnittholz.

Die Entwässerung wurde in der zweiten Bauperiode in der oben beschriebenen Art mit 30 cm dickem Trockenmauerwerk nur an dem Gewölbe ausgeführt, die Widerlager dagegen sind an das Gebirge satt angemauert worden, für den Wasserabfluss sind hinter dem Mauerwerk kleine Schächte gelassen worden.

3. Baumaterial und Fortschritt des Baues im Allgemeinen.

Zur Mauerung der Portale und der Ringe nach dem Profile XIX a für ungefähr 30 m Tunnel wurden Kalazer*) Kalktuff-Quader verwendet, ebenso zu den Pedolinquadern der Ringe XV b und XVI b für ungefähr 415 m Tunnel.

Sonst wurden vorwiegend Ziegel, u. zw. Klinker, verwendet, für welche eine Tragfähigkeit von 400 kg pro Quadratcentimeter verlangt wurde.

Der gewöhnliche Mörtel bestand aus 1 Theile Csik'schen Beocener hydraulischen Kalk und 1½ Theilen reinen Donausande, der Portland-Cementmörtel aus 1 Theile Csik'schen Portland-Cement und 3 Theilen groben Grubensand.

Das Durchtreiben des Sohlenstollens von den zwei Mundlöchern aus dauerte von November 1880 bis October 1881, d. i. 11 Monate bei einer Tunnellänge von 654 m.

Der Ausbruch im vollen Profile wurde erst am 13. Juli 1881 begonnen und der Schlussring wurde am 1. Februar 1883 — 3 Monate vor dem contractlichen Termine — geschlossen.

*) Steinbruch nächst Budapest an der Donau.

4. Xer-Ring.

a) Erster Abbau und Einsturz. Der Vollausschub des 7 m langen Aufbruchringes Nr. X im fünften Aufbruch wurde am 27. November 1881 beendet, u. zw. mit dem Bausysteme der ersten Bauperiode mit bloß einer mittleren Stielzimmerung.

Die Fundirung des linksseitigen Widerlagers bot zwar in Folge des Wasserandranges Schwierigkeiten, doch konnte dieselbe noch ohne Anstand zu Ende geführt werden.

Bei dem rechtsseitigen Widerlager konnte die auf der Semliner Seite gelegene Hälfte auch noch, obgleich mit schwerer Noth, fundirt werden, aber in der Budapester Hälfte war der Wasserandrang mit den zwei Handpumpen nicht mehr zu bewältigen; das Wasser quoll an mehreren Stellen, kleine Sandkegel bildend, armdick hervor. Bei Untersuchung der Fundamentgrube, konnte man mit Leichtigkeit eine Latte 1.5 m tief in den Schwimmsand hineinstossen, und diese hineingepresste Latte wurde in einigen Secunden durch den Wasserandrang wieder emporgetrieben.

Auf Grund dieser Sondirung ist die Vertiefung der Fundamentgrube angeordnet worden. Die Arbeit begann nach gewöhnlicher Art bei Wasserhaltung, aber ohne Erfolg. Es wurde sodann ein Schacht mit Getriebszimmerung — auch bei Wasserhaltung mit mehreren Pumpen — angeschlagen.

Am 30. November 1881 war die Abteufung des Fundament-Schachtes noch keinen Meter tief vorgeschritten, als auf einmal die Zimmerung mit einem Riesengeräusch einstürzte, ohne dass man vorher Druckerscheinungen, oder auch nur ein Einbeissen der Bölungshölzer hätte wahrnehmen können. Die mit der Abteufung beschäftigten Arbeiter (14 an der Zahl) haben sich beim ersten Krache, Alles hinten lassend, geflüchtet, die letzten wurden noch von einigen herabfallenden Hölzern gestreift; glücklicherweise ist aber kein Menschenleben zum Opfer gefallen.

Nach Untersuchung des Einsturzes ergab sich, dass nur die rechtsseitige Bölung eingestürzt sei, die linke Hälfte der Zimmerung dagegen, wo die Widerlager bereits 1 m hoch aufgeführt waren, unversehrt stand.

In dem Absturze wurde nun von einigen kühnen Mineuren eine provisorische Abbölung hergestellt und wurden in den Hohlraum zwei Kronbalken eingezogen, hinter deren Brettverschluss die kleineren Hohlräume mit Faschinen versetzt wurden. Die Kronbalken hat man dann nach allen Richtungen abgesteift.

Leider wurden diese Sicherungsarbeiten am 4. December durch das Fest der Santa Barbara, welche die Mineure bekanntlich als ihre Schutzheilige verehren, unterbrochen. Der hiedurch veranlasste 36stündige Arbeitsstillstand hatte zur Folge, dass bei Wiederbeginn der Arbeit auch die linksseitige Zimmerung einstürzte, wobei ein Arbeiter fast begraben wurde; glücklicherweise konnte derselbe aber noch lebend gerettet werden.

Nach dem vollständigen Einsturze des Ringes wurde sofort mit dem Durchtreiben des Sohlenstollens begonnen, um die Verbindung der Mundlöcher wieder herzustellen.

Sodann wurde beiderseits aufgebrochen und ein Firststollen durchgetrieben, aus welchem man mittelst Bohrungen constatirte, dass der Absturz ober dem Firststollen nur 6 m hoch reichte. Um diesen Hohlraum auffinden und vollfüllen zu können, ist zu Tage ober der Stelle des Einsturzes 10 m seitlich der Tunnelachse ein Schacht abgeteuft worden, aus welchem der Hohlraum bei 21 m Tiefe mit einem Seitenstollen in der Form einer Capelle auch aufgefunden wurde.

Der Hohlraum wurde mit Holz regelrecht eingebaut, und theilweise mit Erde vollgestampft oder, wo man nicht mehr stampfen konnte, mit Steinen ausgeschlichtet; trotzdem sind oben durch das Setzen des Einsturzes fortwährend Hohlräume entstanden, welche immer höher und höher kamen. Man fing sie einigemal ab, aber trotz dem satten Versatze ist der Einsturz am 5. December 1882, d. i. gerade ein Jahr nach dem völligen Einsturze des Ringes mit einem Loche von ca. 50 m³ zu Tage getreten.

Zu der Zeit, als der Einsturz zu Tage trat, ist unten der Xer-Ring fertiggestellt worden.

b) Neubaudes Xer-Ringes. Mitte Jänner 1882 begann man an der rechten Seite des eingestürzten Ringes in ein Drittel Länge auf der Budapester Seite einen Seiteneinbruch und die Fundirung wurde mit Getriebs-Schachtzimmerung ohne Erfolg versucht. Die Spundwände wurden theilweise eingedrückt, und nach der Baggerung quoll der Schwimmsand noch ärger hervor als zuvor. Es wurden sodann aus vier Pfosten Schläuche von 30/20 cm innerer Lichte hergestellt und unten mit Eisen beschlagen. Solche Bretterkästen sind mehrere dicht nebeneinander eingetrieben worden und wurde bei der Abteufung der Schwimmsand aus dem Inneren der Schläuche mittelst Schlammbüchsen herausgeholt. Sobald nun diese kleinen Senkkästen an den festen Untergrund ankamen, wurden deren innere Hohlräume mittelst kleinen Senkcylinderkästen ausbetonirt. Diese hölzernen Schläuche reichten 3.50 m unter Schwellenhöhe und 2.10 m unter die Normaltiefe des Fundamentes, wo sie sicheres Terrain fanden. Auf diese ausbetonirten Holzschläuche kam eine Beton-Deckschicht, auf diese eine Schicht von grossen, flachen Quadern, worauf dann die Mauerung der Widerlage begonnen wurde. Der erste Seiteneinbruch ist sodann bis zu den Firstpfählen ausgemauert worden, und wir brachen daneben neuerdings ein. Wir versuchten es im zweiten Sechstel des rechtsseitigen Widerlager-Fundamentes mit 10 cm dicken gefalzten Spundwänden; der Schacht wurde ohne Wassers schöpfen im todtten Wasser ausgebagert, dann mit Führungskränzen versehen, endlich ganz ausgebagert und mittelst kleiner Senkkästen ausbetonirt.

Diese Fundirungsarbeiten am rechtsseitigen Widerlager in 6 m Ringlänge dauerten 7½ Monate lang. Während dieser Zeit sind in der Nähe des Xer-Ringes, um den Verlauf der Sandschicht kennen zu lernen, in Seiten-nischen Sondirbohrungen gemacht worden. Das Ergebniss derselben war, dass ober dem Sande eine 50 cm bis 1.0 m mächtige, harte, steinige Schicht liegt, die mit dem Pickel kaum zu durchbrechen war, darunter Sand in 1—2 m Mächtigkeit und unter dem Sande fester Lehm. Diese Schwimmsandpartie erstreckte sich jedoch linsenartig nur auf 50 m Länge. Die Aufgabe war nun ober der harten,

conglomeratartigen Schichte zu bleiben und den Schwimmsand nirgends anzuschneiden, damit bei den übrigen Ringen in dieser Partie mit der normalen Fundirung das Auslangen gefunden werde.

Um dieses Ziel erreichen zu können, sind das Sohlengewölbe und die Fundamentsohle um 50 cm gehoben*) worden, ferner wurden, um eine breitere Basis zu gewinnen, die Widerlager verstärkt und um einen einseitigen Drucke, welcher in Folge des Einsturzes hätte entstehen können, zu begegnen, wurden auch die Gewölbe verstärkt. Diese Extra-Tunnelstrecke wurde, um die grösstmögliche Solidität zu erreichen, in Portland-Cement-Mörtel gemauert.

Die Sondirungen ergaben auch, dass die Sandschichte im Xer-Ringe selbst quer auf die Tunnelachse nach links abfällt und dass unter dem schon vor einem halben Jahr fertiggestellten linksseitigen Widerlager noch eine conglomeratartige, harte Schichte von 1 m Mächtigkeit liegt. Nachdem sich bei diesem Widerlager auch weder ein Sinken noch ein Schadhafwerden in Folge des Einsturzes bemerkbar gemacht hatte, so beschloss man, die Mauerung desselben zu belassen und blos rückseitig zu verstärken, was partieweise in abgeteufte Schächten ausgeführt wurde.

Vor dem Beginne dieser Arbeit wurde der deformirte Sohlentollen ausgewechselt, sodann wurde das Sohlengewölbe in einzelnen Rippen eingezogen und dann erst mit dem Ausbruch im vollen Profile begonnen.

Zunächst wurde ein 3 m hoher Firststollen durchgetrieben. Auf die Sohlschweller des Firststollens wurden zwei Stück 14 m lange Längsträger von 60 cm Durchmesser eingezogen, auf diese sind dann die obersten First-Kronbalken abgefangen worden, und schliesslich wurde nach Ausbrechen der Firststollenwände der Vollausschub bewerkstelligt.

Die in der Sohle des Firststollens eingezogenen Längsträger (Langschweller) hatten die Aufgabe, den Kronbalken eine sichere Stütze zu bieten insoweit, bis dieselben auf die Querschweller abgefangen werden konnten. Ja es war sogar möglich, im Bedarfsfalle die Langschweller zur definitiven Stützung des Gebirges heranzuziehen, indem man unter dieselben Polsterhölzer einzog und diese gegen die Sohle abstützte, wodurch ein zweites, selbstständiges Bockgespärre-System erhalten wurde.

Zu dieser Zimmerung waren bei 6 m Länge, den Firststollen inbegriffen, 67 m³ Rund- und 54 m³ Schnittholz erforderlich.

Zum ganzen Wiederaufbau des Xer-Ringes in 6 m Länge wurden 237 m³ Rund- und 178 m³ Schnittholz verbraucht.**)

Da man befürchtete, dass die Lehrbögen die grosse Gewölbelast und gleichzeitig den ganzen Gebirgsdruck des Einsturzes nicht zu tragen vermögen, so wurde der Ring zuerst

*) Das Heben der Fundamentsohle und der Sohlengewölbe wurde dadurch ermöglicht, dass die Deckplatten des Wasser-Abzugschans anstatt aus Stein aus Eisen hergestellt wurden.

**) Diese, dem Vortrage des Herrn Bauführers der kön. ungar. Regierung über Holzverbrauch entnommenen Daten, geben die Ausmaasse des definitiven Einbaues, ohne den Verschnitt in Rechnung gezogen zu haben.

nur in zwei Ziegelstärken geschlossen und wurden in dem Gewölbsmauerwerke für die Hauptständer der obersten zwei Kronbalken Löcher gelassen. Diese Kronbalken sind dann auf das bereits geschlossene Gewölbsmauerwerk abgefangen und von der Mitte aus nur theilweise entfernt worden.

Herr Regierungs-Bauführer v. Kádár sagt am Schlusse seiner Mittheilungen:*)

„Die vorgeführte Zimmerung, welche den 40 m hohen Einsturzkegel zwar krachend, aber ohne Anstand aushielt und die Möglichkeit eines neuen Einsturzes ausschloss, hat unser Vereinsmitglied Michael von Könyves-Tóth entworfen und glücklich ausgeführt.“

II. Einige Bemerkungen über den vorbeschriebenen Bau vom Standpunkte des Unternehmers.

1. Contractbedingnisse.

Ich citire hier nachstehend einige Paragraphe des zwischen der königl. ung. Regierung und der Bau-Unternehmung Cless vereinbarten Bauvertrages, da mir dieselben für die Beurtheilung der Sachlage von Wichtigkeit scheinen.

Im §. 2 des Bedingnisheftes heisst es:

Absatz 6. Der Tunnel ist nach den festgesetzten Normalprofilen in stumpf aneinanderstossenden Ringen zu mauern, deren Länge mit Einverständniss der mit der Aufsicht betrauten Organe zwischen 3 und 12 m zu wählen ist.

Absatz 7. Das jeweilig anzuwendende Normalprofil und Material, ferner ob ein Sohlengewölbe herzustellen sei, bestimmen einseitig die mit der Bauleitung betrauten Regierungsorgane, und zwar erst nach erfolgter Aufschliessung des Gebirges, beziehentlich nach so weit erfolgtem Ausbruch der Tunnelstrecke, als ihnen zur genauen Erkenntniss der Gebirgsbeschaffenheit und des anzuwendenden Normalprofiles nöthig erscheint.

Die Bau-Aufsichtsorgane haben das Recht, nach Erforderniss auch nach der Inangriffnahme der einzelnen Ringe, während deren Ausführung, deren Verstärkung, resp. die Anwendung eines stärkeren Normalprofiles — mit Rücksicht auf §. 12 (Einheitspreise für Mehrarbeiten) — anzuordnen. . . .

Absatz 10. Ausbruch und Einrüstung des Tunnels gehen absolut auf Gefahr und Verantwortlichkeit des Unternehmers. Er haftet unbedingt für das Gelingen dieser Arbeiten und erhält keine Entschädigung für die aus etwaigen Einbrüchen resultirenden Folgen,**) als: Beseitigung der eingestürzten Massen, Ersatz und Verstärkungen der Einrüstungen und dergleichen.

Insbesondere ist der Unternehmer auch verpflichtet, die aus solchen Einbrüchen sich ergebenden Höhlungen im Gebirge, welche das normale Profil überschreiten, ohne Entschädigung in Mörtel solid auszumauern, so dass insbesondere das Tunnelmauerwerk sich überall dicht an das

*) Zeitschrift des ungarischen Ingenieur- und Architekten-Vereines 1883. XVII. 4. Heft.

**) Nach der Schablone der Bedingnishefte der österr. priv. Südbahn-Gesellschaft.

Gebirge anschliesst. Niemals dürfen zwischen dem Tunnel-Mauerwerk und dem Gebirge Rüstungshölzer verbleiben.

Absatz 11. Nach Beendigung des Ausbruches ist die Mauerung bei jedem einzelnen Ringe sofort zu beginnen.

In Tunnelringen, bei welchen ein Sohlengewölbe anordnet wurde, ist vor Allem erst das Sohlengewölbe einzuziehen.

Bedingnissheft §. 3. Absatz m. Keiner der Contrahenten ist berechtigt, den in der Preisliste bestimmten Einheitspreis zu verändern, weder in dem Falle, wenn die Länge des Tunnels oder die darin vorkommenden Arbeiten im Vergleiche zum Voranschlage sich vermehren, noch wenn sie sich vermindern sollten.

2. Voranschlag und Ausführung.

Ueber die Ausmasse der Tunnelmauerung, wie sie im Voranschlage vorgesehen war und wie sie thatsächlich ausgeführt wurde, gibt die nachstehende Zusammenstellung Aufschluss.

| Normalprofil Nr. | Baumaterial | Schluss Stärke in Metern | Widerlager Stärke in Metern | Sohlen- gewölbe | Voranschlag Lauf. Meter Tunnel | Ausführung |
|----------------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------------------|--------------------|-----------------------------------|------------|
| XIII a | Ziegel | 0.44 | 0.59 | ohne | 30 | — |
| XIV a | " | 0.59 | 0.59 | ohne | 400 | — |
| XV a | " | 0.74 | 0.89 | ohne | 100 | 165 |
| XV b | " | 0.74 | 0.89 | 0.59 | 30 | 40 |
| XVI a | " | 0.89 | 1.04 | ohne | — | 19 |
| XVI b *) | " | 0.89 | 1.04 | 0.59 | 20 | 394 |
| XVII b **) | Haustein u. Ziegel | 0.74 | 0.89 | 0.59 | 50 | — |
| XIV b | Hausteine | 0.55 | 0.70 | ohne | 10 | — |
| XIX a ***) | " | 0.70 | 0.85 | ohne | — | 30 |
| XX a | " | 0.70 | 0.85 | 0.45 | 10 | — |
| Zusammen Voranschlag | | | | | 650 m | |
| Ausführung | | | | | | 648 m |

3. Einfluss des Contractes auf die Bau-Ausführung.

Im Voranschlage sind bei 650 m Tunnellänge nur 110 m mit Sohlengewölbe vorgesehen, in der Wirklichkeit sind dagegen 434 m ausgeführt worden. (Die nachträglich eingelegten 30 m Profil XIX a nicht gerechnet.)

Eine Abweichung vom Voranschlage beim Tunnelbaue kommt wohl sehr oft vor, meistens eine Vermehrung der Arbeit, resp. stärkere Profile als vorgesehen wurden. Der Unternehmer hat gewöhnlich auch nichts dagegen, im Gegentheil, eine jede Mehrarbeit ist bei guten Preisen ein Gewinn für ihn. Es ist jedoch die Zeit der Anordnung in Betracht zu ziehen.

Die Normalprofile XVI b verlangen z. B. Pedolinquader. In einer Gegend nun, wie Csorantovce, wo die nächsten Eisenbahnstationen 80—100 km entfernt liegen und die Strassen, mit Ausnahme des Sommers, in der meisten Zeit unfahrbar sind, wo man als Quaderbezugsquelle auf Pest und als einziges Communicationsmittel auf die Donau ange-

*) ad XVI b 24 m Tunnel in der Xer-Ringpartie sind noch theils um 1, theils um 2 Ziegelstärken verstärkt.

**) ad XVII b Ziegelmauerwerk mit Hausteinverkleidung. Sohlengewölbe aus Ziegeln. (Kam nicht zur Ausführung.)

***) ad XIX a Nachträglich wurde in allen Ringen dieses Normalprofiles das Sohlengewölbe aus Ziegeln mit 0.59 m eingezogen.

wiesen war, hat die sogleiche Beschaffung der Pedolinquader bei eingestellter Dampfschiffahrt ganz unverhältnissmässig grosse, mit dem Einheitspreise nicht in Einklang stehende Kosten verursacht.*)

Es ist überhaupt nicht zu rechtfertigen, wenn von Seite des Bauherrn oder der Bauleitung dem Einheitspreis-Unternehmer gegenüber Alles selbst zu bestimmen sich vorbehalten wird, während doch das Risiko und die eventuellen Mehrkosten für den ganzen Bau allein nur dem Einheitspreis-Unternehmer — ohne Pauschalvergütung — aufgelastet werden.

4. Xer-Ring. Ursachen des Einsturzes. Neubau.

Wenn wir den Ursachen der Katastrophe im Tunnel zu Csorantovce nachforschen, so müssen wir in erster Linie die, wenn auch indirecte Schuld dem Umstande zuschreiben, dass die Regierung es versäumt hat, noch vor der Vergebung des Baues die Sondirungen des Gebirges an mehreren Stellen auch unter die Schwellenhöhe 2 m bis 3 m tief treiben zu lassen. So kam es, dass mit dem im Projecte Vorgesehenen das Auslangen nicht gefunden wurde und dass von dem misslichen Vertrags-Artikel §. 2, Absatz 7, Gebrauch gemacht werden musste. Erst nach erfolgter Aufschliessung des Gebirges und nach bereits vollendeter Zimmerung wurde eine Vertiefung des Fundamentes und eine Verstärkung des Normalprofiles angeordnet und hiedurch eine Verfügung getroffen, welche mit einer anderen Vorschrift des Bedingnissheftes, Absatz 11, dass nach Beendigung des Ausbruches die Mauerung bei jedem einzelnen Ringe sogleich zu beginnen habe, im Widerspruche stand.

Die hiedurch bedingte Untergrabung der Ulmzimmerung behufs Erbreiterung der Fundamente, das Vertiefen der Fundamentgrube neben den hochgestellten Ständern und hiezu das fortwährende Wasserschöpfen im Schwimmsande waren Ursachen des Einsturzes.

Bei einem solchen Einbaue in fertigem Vollaubruche hätte man das Vertiefen der Fundamente von Seite der Regierung nicht verlangen, aber auch von Seite der Bau-Unternehmung nicht ausführen sollen, da der Einsturz schon bei Betrachtung der Zeichnung mit mehr als Wahrscheinlichkeit vorauszusehen war. Man hätte die Fundirung mit breiten Platten ganz getrost bewerkstelligen können mit Aussparung einer Oeffnung für den Abfluss der Quelle in Schwellenhöhe. Der Baugrund war zwar Sand, aber der Sand war dazumal noch ziemlich fest, wie ich mich in den angrenzenden Theilen später überzeugt habe. Im Bedarfsfalle hätte man später die Widerlager unterfangen und auf versenkten Pfeilern überwölben können.

Nachträglich ist nun allerdings leichter zu urtheilen; damals dachte man, die Vertiefung der Fundamente im

*) Herr Inspector Robitschek der königl. ungar. Regierung hat deshalb auch der Bau-Unternehmung Cless entgegenkommend erlaubt, in ihrem zweiten Tunnel zu Peterwardein den fehlenden Winterbedarf an Pedolinquadern aus dem Serpentin-Ausbruchsmaterial zu beschaffen. Dieses Material war ungemein hart, kostete viel Arbeitslohn und war doch nicht schön; auch mussten die Pedolinquadern, um die Fundamenthöhe und -Breite zu erlangen, in 2—4 Stücken versetzt werden.

Xer-Ringe ebenso einfach bewerkstelligen zu können, wie das beim Eingangsportalringe im sandigen Lehm ohne Anstand geschah.

Durch die Erfahrung klug gemacht, ist man dann wohl später dem Fundiren unter die Sandschichte ausgewichen und hat die Fundamentsohle um 50 cm gehoben, wodurch das Durchbrechen der conglomeratartigen Schichte vermieden und das Anschneiden des Sandes völlig umgangen wurde.

Diese Höherlegung der Fundamentsohle und des Sohlengewölbes wurde, wie bereits oben bemerkt, dadurch möglich gemacht, dass der Wasserabzugscanal statt mit Steinplatten mit eingefalzten Eisenplatten überdeckt wurde.

Ich will die Stielzimmerung — Abfangen der Kronbalken von der Bausohle aus — (Bl. 5, Fig. 2) als Zimmerung auch nicht verurtheilen, jedoch ist es sehr zu beachten, wo und wie dieselbe angewendet wird. Mit der Stielzimmerung ist z. B. der 1070 m lange Tunnel zu Teterchen in Lothringen in Mergelschiefer bei einer Gesamt-Monatsleistung von 160 m fertigem Tunnel ohne Anstand hergestellt worden. *) Entschieden verurtheilen muss ich jedoch, das nicht genügende Tiefstellen der Hauptständer sowohl bei den Bockgespärren als bei der Stielzimmerung. Da war bei Vertiefung der Fundamente ein Einsturz unvermeidlich.

Nie soll man im Tunnelbau die Hauptständer höher stellen, als der tiefste Punkt der Fundamentsohle.

In der Solidität des Bölzungs-Systemes, bedingt durch richtiges Ineinandergreifen der Construction, durch Kreuzverband der Querschwellen mit Längsträgern, in dem gesicherten Tiefstellen der Hauptständer auf eine gute breite Basis, in dem Abfangen der Längsträger mittelst Streben auf die Bausohle und der Querschwellen mittelst Schubstreben liegt zwar eine erhöhte Sicherheit gegen Einstürze, aber es wäre eine Kühnheit behaupten zu wollen, dass in Erdtunnels schon durch die Wahl des Bölzungs-Systems Einstürze absolut verhütet werden können.

Auch in dem gefahrlosesten Gebirge (ja im Verhältniss hier sogar öfters, weil man da zumeist an eine Gefahr gar nicht denkt) können durch Unvorsichtigkeit eines einzigen Mineurs, hauptsächlich durch Untergrabung der provisorischen Ständer beim Einziehen der definitiven Querschwellen Einstürze erfolgen. **)

Es wäre sonach nur eine Sache der Billigkeit, wenn anstatt dass dem Unternehmer eines Tunnel nach Einheitspreisen das ganze Risiko und die aus eventuellen Einstürzen erwachsenden Kosten aufgebürdet werden, von Seite des Bauherrn eine gewisse Reserve für Unvorhergesehenes, mindestens 5 % des Baucapitales, sichergestellt würde. Es

*) Eine vergleichende Studie über die bedeutenderen Tunnelbauten der Gegenwart von M. Könyves-Tóth, Ingenieur, Zürich. Bei Orell Füssli & Co. 1880.

Auch in der Westhälfte des Arlbergtunnels ist eine Stielzimmerung angewendet worden.

D. R.

**) Ein derartiger Fall ereignete sich kürzlich in dem an sich ganz gefahrlosen Tunnel zu Abaliget in Ungarn auf der Budapest-Fünfkirchner Eisenbahn.

erscheint dies umsomehr gerechtfertigt und begründet, weil in den meisten Fällen es sehr schwer zu entscheiden ist, wer eigentlich am Einsturze die Schuld trage. Nach Einheitspreisen aber kann ein Einsturz nie und nimmer gerechnet werden.

Nach dem Einsturze des Xer-Ringes übernahm ich, der ehrenvollen Einladung der Bau-Unternehmung Cless folgend, Ende Jänner 1882 die Bauleitung am Tunnel zu Csorbanovce.

Wenn während meiner Bauführung sich kein weiterer Unfall, und insbesondere kein abermaliger Einsturz im Xer-Ringe ereignete, so verdanke ich dies, trotz des aufmerksamsten constructiven Vorgehens, doch nur einem glücklichen Zufalle. Ich kam nämlich einmal gerade dazu, wie die Mineure bei der Vertiefung der Fundamente im Seiteneinbruche im zweiten Drittel des rechtseitigen Widerlager-Fundamentes in dem mit Getriebezimmerung abgeteuten Schachte alle provisorischen Kränze und Spreizen heraus schlagen wollten, um den neuen Schachtkranz bequemer einziehen zu können. Hätte ich die Provisorien nicht sogleich schnellstens wieder einziehen lassen, so wäre, meiner bestimmten Ueberzeugung nach, ein abermaliger Einsturz die Folge gewesen, dem die unvorsichtigen Mineure sicher zum Opfer gefallen wären.

Es trat auch eine derartige Deformirung der Sohlentollens ein, dass man, um die Durchfahrt der Waggonen ermöglichen zu können, denselben total auswechseln und erhöhen musste. Diese Auswechslung ist dann in der Art bewerkstelligt worden, dass wir unter dem Schutze der mächtigen Kappen das Sohlengewölbe in vier, einander schachbrettartig abwechselnden, Partien einziehen konnten.

Nach dem vorstehend Angeführten bietet auch das beste Tunnel-Bausystem gegen Unfälle keine absolute Sicherheit. Denn, um sich gegen Unvorsichtigkeiten der Arbeiter und deren Folgen zu schützen, nützt nichts als der fleissige Besuch des Tunnels seitens des Bauführers.

In dieser Hinsicht müssen wohl an die Ausdauer und den Fleiss eines richtigen Tunnelbauführers hohe Anforderungen gestellt werden. Derselbe soll womöglich alle sechs Stunden, mindestens aber während jeder 12stündigen Schichte jeden Arbeitsplatz besuchen.

Ausser seiner fachlichen Befähigung, zu welcher ebensoviel Theorie als Praxis gehört, muss der Bauführer eines Tunnels aber auch die nöthige Energie besitzen, in seinen Anordnungen und Befehlen immer klar, bestimmt und in keinem Falle schwankend sein und sich die entsprechende Autorität zu wahren wissen, denn nur dann werden die Arbeiter ihm Vertrauen entgegenbringen und seine Anordnungen mit Eifer und Pünktlichkeit ausführen. Dazu ist aber auch erforderlich, dass mit den Arbeitern deutliche Accorde vereinbart werden, damit sie wissen, was sie zu leisten haben und was sie dafür erhalten. Man vermeide es, vom Arbeiter alle möglichen Nebenarbeiten ohne Extra-Vergütung zu fordern, oder die Accordpreise und Löhne herunterzudrücken, und man wird immer ein williges und eifriges Personal haben, was auf einen günstigen Fortgang der Arbeiten von dem besten Einflusse sein wird.

Die ganze Arbeit der Neufundirung des Xer-Ringes trägt, jetzt betrachtet, das Zeichen des primitivsten Vorgehens an sich. Es war auch nicht anders möglich, da sich Alles nur nach und nach so entwickelte, und wir immer hofften, in den noch ungeritzten Partien festen Sand zu bekommen, wo man mit gefalzten Spundwänden und Getriebe-schacht-Zimmerung würde arbeiten können, was sich dann auch wirklich so herausstellte. Für die kurze Tunnelpartie hätte sich eine constructive Eiseneinrichtung auch nicht rentirt. Eine Fundirung im Schwimmsande zu Tage mit Senkvorrichtungen ist eine Leichtigkeit; anders war es aber hier, wo ober dem Schwimmsande eine Einsturzmasse von 40 m Höhe lag, wo der Untergrund keine feste Stütze bot, und wo in dem engen Stollenraum so viele Ständer und Streben waren, dass der Stiel der Schlammbüchse mit drei Charnieren gebrochen werden musste, um die Senkkästen durch den Sand bis in gesundes Gebirge versenken zu können.

Ich sah bald ein, dass es mit dem Wasserhalten in der Baugrube nicht ginge; ich liess daher das Schöpfen einstellen und die Getriebezimmerung und Baggerung mit Schlammbüchsen — ohne Wasserhaltung — im todtten Wasser vornehmen. (Fonçage des puits à niveau plein.)

Im Seitenstollen, im ersten Drittel des Fundamentes, half aber auch dieses Vorgehen nichts. Es war nicht möglich ohne Deformation der, hier leider noch ohne Falz ausgeführten Spundwände zur weiteren Vertiefung einen Schachtkranz einzubringen, das Gebirgsmaterial war schon zu locker und der Schwimmsand ganz breiartig. Da half nur das provisorische Ausbétouiren des abgeteuften kleinen Schachtes. Damit ist Ruhe eingetreten, und nun konnte der Seitenstollen — gestützt auf diese breite Bétonbasis — auf die verlangte Fundamentbreite getrieben und das partienweise Vertiefen mit kleinen Senkkästen begonnen werden. Nach der Ausbétouirung der Fundamente im ersten Sechstel (gegen das Gebirge zu) wurde der provisorische Béton entfernt und dieses Sechstel ist dann auch mittelst Senkkästen und Schlammbüchsen im todtten Wasser fundirt worden.

Nur die Fundirung des ersten Drittels war so schwierig, die andern zwei Drittel erforderten zwar auch eine längere Zeit für das Vortreiben des Seitenstollens, für das Eintreiben der Spundwände und für die Ausbaggerung in Sechstel-partien mittelst Schlammbüchsen im todtten Wasser, aber die Arbeit war weniger mühsam und lohnender als im ersten Drittel.

Bezüglich des Vollausruches des Xer-Ringes kann auf die vorangeschickten ausführlichen Mittheilungen des Herrn Ingenieur v. Kádár verwiesen werden, welchen ich mit Berufung auf die beigegebenen und im Anhange erläuterten Detailpläne nichts weiter hinzuzufügen habe. *)

*) Ich nehme hier gerne Gelegenheit, um zu constatiren, dass mich die Herren Bau-Aufsichtsorgane der königl. ungar. Regierung, Herr Sections-Ingenieur Franz v. Purgly und Herr Bauführer, Ingenieur Gustav v. Kádár, deren Güte ich auch einen grossen Theil der Aufnahmen verdanke, in der entgegenkommendsten Weise mit Rath und That unterstützten, wie wir denn überhaupt alle, Regierungs-Ingenieure, Unternehmer und Unternehmungs-Organen in der eiträchtlichsten Weise ehrlich und fleissig zusammengewirkt haben.

5. Katastrophe in der ganzen Tunnelröhre.

Als ich Mitte Jänner 1882 den Tunnel zum erstenmal besuchte, habe ich sofort eine Deformation in den drei ersten Aufbrüchen wahrgenommen. Um den Zusammenhang der Deformation mit der Arbeit zu verstehen, gebe ich nachstehend den Stand der Tunnelbau-Arbeiten am 15. Jänner 1882.

Stand der Tunnelbau-Arbeiten Mitte Jänner 1882.

| Aufbruch Nr. | Distanz der Aufbrüche | Normal-Profil | Stationirung | Geschlossen | In Arbeit | Fehlen noch |
|--------------|-----------------------|-------------------------|--------------|--------------------|-----------|-------------|
| | | | | lauf. Meter Tunnel | | |
| | m | Eingangs-Portal | 198 + 95.63 | | | |
| | 21 | | | 3.0 | | |
| I | | XIX a | 98.63 | 29.98 | | |
| | | XVI b | 199 + 28.61 | | 5.22 | |
| | | | 33.83 | | | |
| | 57 | | | | | 24.06 |
| | | XVI b | 57.89 | | 5.36 | |
| II | | " | 63.25 | 18.67 | | |
| | | " | 81.92 | | 5.20 | |
| | | " | 87.12 | | | |
| | 76 | | | | | 47.95 |
| | | XVI b | 200 + 35.07 | | 5.20 | |
| | | | 40.27 | | | |
| III | | " | 57.34 | 17.07 | | |
| | 60 | | | | | 49.00 |
| IV | | XVI b | 201 + 6.34 | 6.60 | | |
| | | " | 12.94 | | 5.20 | |
| | | " | 18.14 | | | |
| | 115 | | | | | 104.51 |
| V | | XVI b | 202 + 22.65 | | 6.62 | |
| | | (Xer-Ring) | 29.27 | | | |
| | 206 | | | | | 180.15 |
| | | XV a | 204 + 9.42 | | 5.20 | |
| | | | 14.62 | | | |
| VI | | XV a und XVI a | 38.91 | 24.29 | | |
| | | XV a | 44.60 | | 5.69 | |
| | 120 | | | | | 97.20 |
| | | XVI b | 205 + 41.80 | | 5.20 | |
| | | | 47.00 | | | |
| | | | | 3.0 | | |
| | | Ausgangs-Portal | 50.00 | | | |
| | | Fertig gewölbter Tunnel | 102.61 | | | |
| | | In Arbeit | | 48.89 | | |
| | | Es fehlten noch | | | | 502.87 |

und zwar:

| | lauf. Meter Tunnel |
|---------------------------------|--------------------|
| 2 Portale geschlossen | 6 |
| XIX a | 29·98 |
| XVI b | 42·34 |
| XVI b in Arbeit (ohne Xer-Ring) | 31·38 |

zusammen lauf. Meter Tunnel 109·70, in welchen das Sohlengewölbe fehlte und nachträglich eingezogen werden musste.

Ich constatirte am 21. Jänner in den Aufbrüchen, wo schon mehrere Ringe fertig waren, mittelst Einmessung in Schwellen- und Widerlagerhöhe, dass die Deformation bereits sehr vorgeschritten sei; im zweiten Aufbruche war die Breite in Kämpferhöhe statt der normalen Breite von 5·26 m nur 5·16, ja sogar 5·07, im dritten Aufbruche aber an einem Ende 5·09, am andern 5·06, in der Mitte 4·89—4·92.

Man beobachtete das Heben der Rollbahn wohl schon lange Zeit, aber an eine Verengung der Tunnelröhre dachte man nicht.

Ich habe die Verengung, — welche in Schwellenhöhe noch mehr betrug — am 24. Jänner auch durch den königl. Bauführer constatiren lassen, und, ohne die principielle Entscheidung seitens der Regierungsorgane abzuwarten, sofort das Abspreizen der Widerlager an der Sohle und am Kämpfer in allen Aufbrüchen angeordnet.

Es hiess nun, in diese Ringe das Sohlengewölbe einzuziehen, und wurde diese Arbeit bei 110 m Ringlänge innerhalb eines Monats geleistet, ohne die Communication der Materialrollwagen während dieser Zeit auch nur im Mindesten gestört zu haben.

In diesem Monate wurden sogar 45 lauf. Meter Tunnel fertiggestellt, um 10 mehr als im Vormonate, trotzdem dass in allen neu angelegten XVI b Ringen das Sohlengewölbe im vorhinein eingezogen wurde.

Nach dem Einziehen des Sohlengewölbes ergaben die Messungen, dass die Breite in Widerlagerhöhe im zweiten Aufbruche 5·05 m betrug, somit nur um 0·02 m enger geworden war. Im dritten Aufbruche zeigte sich aber in der Mitte ein Fortschreiten der Verengung um 0·07 m bis 0·12 m, so dass sich die lichte Breite auf 4·82—4·80 m verringerte. Dieser Aufbruch ist nun in 18 m Länge mit einem vollständigen Holzeinbau versehen worden.

Im vierten Aufbruche war noch eine zu geringe Länge aufgeschlossen, um zu einer Verengung Gelegenheit zu bieten, und sind dann neben dem Aufbruchringe sämtliche neue Ringe sogleich mit im vorhinein eingezogenen Sohlengewölbe gebaut worden. Vom Xer-Ringe an gegen den Tunnelausgang zu hat sich keine Deformation gezeigt.

Man kann wohl sagen, dass der Tunnel zu Csorbanovce dem Schicksale des Lupkower Tunnels entgegenging; es waren dieselben Symptome da wie dort: Heben der Sohle, Bersten des Gewölbeschlusses, Verengung der Widerlager, Nähern des Pedolins zu einander, und doch wurde der Tunnel in einem Monate und ohne übermässigen Kostenaufwand gerettet.

Dieser Tunnel liefert eben wieder einen neuen Beweis meiner im Jahre 1875 aufgestellten Behauptung, dass man einen grossen Unterschied zu machen habe zwischen Destruction und Deformation, d. i.

zwischen einer Zerdrückung, Zerquetschung und einer Verdrückung.

Die Ursache der Zerquetschung liegt in der Intensität des Gebirgsdruckes in der Ueberschreitung der Tragfähigkeit des Mauerwerkes, die Ursache der Deformation hängt dagegen wesentlich mit der Richtung des Gebirgsdruckes, und mit der Form des Tunnels zusammen. Denn nur dann kann die Tragfähigkeit des Baumaterials in Anspruch genommen werden, wenn die Form richtig, der Stützlinie des Gebirgsdruckes entsprechend, gewählt ist.

Ich habe ferner damals behauptet: „Eine Veränderung der Druckcurve wird plötzlich bewerkstelligt, und das Steigen der Sohle hört plötzlich auf, sobald zwischen die Widerlager eine geeignete Holzconstruction eingebracht wird.“ *)

Ein Beweis hiefür ist der gerettete Tunnel zu Csorbanovce. Ueber das Detail dieser Arbeiten, speciell über das Bölzungssystem der zweiten Bauperiode mit im vorhinein Einziehen des Sohlengewölbes werde ich bei einer nächsten Gelegenheit ausführlichere Mittheilungen machen.

Ich will hier nur noch erwähnen, dass die später — nach meinem Austritte aus dem Dienste der Bau-Unternehmung — erfolgte Auswechslung der drei Ringe im dritten Aufbruche, deren Gesamt-Verengung 30—40 cm betrug, nach meinen damaligen, vor zwei Jahren gepflogenen Wahrnehmungen wohl nicht absolut nothwendig war, das Einbauen mit Holzgerüst dagegen war seinerzeit — bevor der Mörtel im neuen Sohlengewölbe anzog, und solange die drei Ringe im Aufbruche allein standen — geboten. Jedenfalls müssen später Wahrnehmungen derartiger Destruction dazugekommen sein, dass deren Auswechslung von der Regierung angeordnet werden musste.

Erklärung der Pläne.

Blatt 5.

Zimmerung und Einsturz des Xer-Ringes.

(Bauführer: Johannes Metzger.)

Fig. 1, 2, 3. Querschnitte, die Art und Weise der Zimmerung der Aufbruchringe in der ersten Bauperiode im Jahre 1881 und den Einsturz des Xer-Ringes am 4. December 1881 darstellend.

Fig. 4, 5. Der Xer-Ring im Zustande nach der Fundirung der Budapester Seite des rechten Widerlagers, 10. April 1882, und die Darstellung des Fortschreitens des Einsturzkegels bis zum Tagebruche, 5. December 1882.

Blatt 6 u. 7.

Fundirung des Xer-Ringes nach dem Einsturze, im Schwimmsande $3\frac{1}{2}$ m tief unter Schwellenhöhe unter einem Einsturz-Schuttkegel von 40 m Höhe.

(Bauführer: Der Verfasser.)

Fig. 6. Querschnitt; Fig. 7. Ansicht; Fig. 8. Grundriss. Stand am 19. Jänner 1882.

Ausbruch aus dem Sohlenstollen in den eingestürzten Theil des rechten Widerlagers. Vergeblicher Versuch des Abteufens in $\frac{1}{6}$ Theile des Fundamentes mittelst Getriebeschacht-Zimmerung mit ungefalteten Pfosten, Baggerung in tothen Wässern, beim Einziehen der unteren Kränze wurden jedoch die Wässer gestümpft.

*) Ueber Tunnelbau im Allgemeinen und über die Ursachen der Deformationen bei Tunnelmauerungen von M. Könyves-Tóth, Ingenieur. (Zeitschrift 1875. XI. Heft und Separatabdruck, Wien 1875, Lehmann & Wentzel)

Beispiele:

| | Seine Austerlitzbrücke | Yonne Sens. |
|---|---------------------------|----------------|
| Maximalwuchs im November 1875: | m | m |
| $C =$ hydrometrische Cote | 2.70 | 3.20 |
| $C - E$ | 3.00 | 3.10 |
| $H_g = 100 \frac{C - E}{\mu} =$ hydrograde Cote | 42.80 | 72.90 |

Wuchshöhe eines Hochwassers ist dessen Höhe im Momente des Maximums, jedoch gerechnet vom Niveau seines Beginnes, ist also die Höhendifferenz zwischen dem Beginne und dem Maximum eines Hochwassers.

Auxigrade Cote ist die Höhendifferenz zwischen irgend einem Wasserstande und dem Beginne eines Hochwassers, ausgedrückt in Procenten der Wuchshöhe.

Beispiele:

| | |
|--|-------|
| Saône zu Macon, den 8. August 1875 | m |
| $C =$ hydrometrische Cote | 3.51 |
| $C_M =$ hydrometrische Cote des Maximalwuchses | 4.10 |
| $C_0 =$ hydrometrische Anfangscote | 0.40 |
| $C_M - C_0 =$ Wuchshöhe | 3.70 |
| $A_g = 100 \frac{C - C_0}{C_M - C_0} =$ auxigrade Cote | 84.00 |

Die auxigrade Cote ist im Moment des Fallens zu unterstreichen.

Hydrograde Karten sind Karten, in welche die hydrograden Coten eingetragen sind. Von Wichtigkeit ist die Wuchshöhe, welche für einen bestimmten Moment an verschiedenen Orten beobachtet ist; ferner muss bei Aufstellung der Karten das jeweilige Hochwasser bis zu seinem Eintreten an den verschiedenen Orten beobachtet werden.

Auxigrade Karten sind Karten, die den Verlauf eines beendeten Hochwassers und in einem gegebenen Moment für verschiedene Orte das Fortschreiten des Hochwassers anzeigen.

Bei Bestimmung der Hydromodel muss man zunächst wissen, bis zu welcher Zeit man mit der Erforschung der höchsten und niedrigsten Wasserstände zurückgehen kann. Für alle Flüsse eines Landes muss man denselben Zeitpunkt annehmen und alle aussergewöhnlichen Hochwasser, die vor dieser Zeit liegen, weglassen. Selbstverständlich kann man nur solche Beobachtungen verwerthen, die absolute Glaubwürdigkeit besitzen. Ritter beginnt für Frankreich seine Beobachtungen mit dem Jahre 1836. Jedoch weisen diese Hydromodel noch zu viele Lücken auf, um Verwendung finden zu können. Er hat deshalb seiner Abhandlung eine Tabelle der provisorischen Hydromodel μ' und der provisorischen niedrigsten Wasserstände E' , die er für seine hydrograden Karten benützt hat, sowie eine Colonne genau ausgerechneter Hydromodel μ für einige Flüsse beigefügt, auf welche hiermit hingewiesen wird.

Nach Ausrechnung der Hydromodel und der bezüglichen hydrometrischen Coten muss man nun, um hydrometrische Karten entwerfen zu können, entweder die hydrograden Coten oder die auxigraden Coten der verschiedenen Flüsse für verschiedene Punkte ihres Verlaufes berechnen.

Man trägt in eine Karte also entweder die hydrograden oder die auxigraden Coten ein und legt die Flussstrecken, in denen die Coten sich nahezu gleich sind, mit einer bestimmten Farbe an. Die Flussstrecken, welche eine

geringere Höhe als 10 hydrograde oder 10 auxigrade Coten haben, werden ohne Farbe gelassen. Die Coten höher als 10 werden in Gruppen von 10 bis 20, 20 bis 30 etc. eingetheilt, und jede durch eine bestimmte Farbe oder Bezeichnung unterschieden.

Verwandelt man die hydrometrische Cote eines jeden Tages oder das Mittel des ganzen Jahres in Hydrograde, so erhält man die Elemente einer für den Vergleich sehr interessanten Karte, welche von einem Tage oder von einem Jahre zum anderen die Wasserstandshöhen in den verschiedenen Flüssen vergleichen lässt. Dabei erscheint es zweckmässig, den 1. September als Anfang des hydrometrischen Jahres zu wählen, weil um diese Zeit gewöhnlich die niedrigsten Wasserstände vorhanden sind. Ueberdies bleiben im Winter die Niederschläge als Schnee liegen und kommen erst im Frühjahr zum Abfluss; bei der Zeiteintheilung des Kalenderjahres würden also erst im folgenden Jahre Niederschläge zum Abfluss kommen, die bereits im verflossenen Jahre erfolgt sind.

Beim Entwurf hydrograder Karten ist besonders die gleiche Cote für diejenige Flussstrecke festzuhalten, welche zwischen zwei gleich wichtigen Nebenflüssen liegt, weil durch das Zusammentreffen mit einem Nebenfluss eine plötzliche Farbenänderung hervorgebracht wird.

Für den Entwurf auxigrader Karten ist es nöthig, die hydrometrischen Coten zu kennen; man muss also die Hochwasserhöhe jeder Station bestimmen und daraus die auxigrade Cote jedes Tages berechnen. Durch das Anwachsen eines Nebenflusses tritt ein schneller Wechsel der hydrometrischen Coten, also auch der auxigraden ein. Die Coten sind nicht in der Nähe der Zusammenflüsse, sondern weiter oben zu wählen, wo eine gegenseitige Einwirkung des einen Flusses auf den anderen nicht mehr wahrzunehmen ist. Nur im Gebirge, wo z. B. ein Kataract sich jeder Vermehrung der Strömung nach aufwärts widersetzt, wird ein solches Anwachsen des Nebenflusses nicht eintreten. Es soll hier vorausgesetzt werden, dass die auxigrade Cote der aufwärts gelegenen Stationen bis zum Zusammenfluss dieselbe bleibt; der dadurch entstandene Fehler ist nicht so gross, dass er die Darstellung auf den Karten wesentlich beeinflusst.

Gut ist es, jedes Fallen der Gewässer durch die entsprechenden hydrograden oder auxigraden Coten zu vervollständigen. Hiedurch wird jedem Messungsergebnisse eine ganz genaue Bedeutung gegeben und überdies ein allgemein wissenschaftlicher Werth, entsprechend dem localen und praktischen Nutzen, hinzugefügt.

Kennt man für einen Strom zwei Werthe Q_m und Q_a seines Abflusses pro Secunde und die entsprechenden hydrograden Coten H_m und H_a , so wird man sich sofort eine Vorstellung seines Abflusses für eine höher gelegene Cote H_p machen können, indem man folgenden Ausdruck berechnet:

$$Q_a + \frac{H_p - H_a}{H_m - H_a} (Q_m - Q_a)$$

Eine untere Grenze für den Abfluss der Hochwässer bekommt man, indem man allgemein $H_p = 100$ setzt,

vorausgesetzt, dass die Breiten des Flusses im Verhältniss zu den Tiefen wachsen:

Die hydrograden Coten können sonach noch eine andere Verwendung finden, wie man aus der folgenden Tabelle ersieht:

| Strom | Cote des niedrigsten Wasser- standes <i>E'</i> | Hydro- model <i>μ</i> | Abflüsse pro Secunde in Kubikmetern entsprechend den folgenden hydrograden Coten | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|--|-----------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|--|
| | | | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | |
| Seine. | <i>m</i> | <i>m</i> | | | | | | | | | | | | |
| Paris, Austerlitz- brücke ... | — 0 30 | 7 00 | 50 | — | — | — | — | 870 | 1010 | 1190 | 1325 | 1400 | 1650 | |
| Mantes | — 0 15 | 7 34 | — | 140 | 290 | 460 | 630 | 860 | 1060 | — | — | — | — | |
| Dromé. | | | | | | | | | | | | | | |
| Crest ... | 0 | 4 30 | — | 60 | 160 | 285 | — | 620 | — | 1020 | 1230 | 1495 | 1730 | |

Für jeden Strom ist eine Horizontale vorhanden, in der die Messungsergebnisse eingetragen sind; alle gut beobachteten Messungen werden in eine Serie gruppiert.

Von den verticalen Spalten hat Ritter nur die wesentlichsten reproducirt, welche die hydrometrische Cote des niedrigsten Wasserstandes (*E*) seit 1836 und den Hydromodel (*μ*) desselben anzeigen; sodann folgen die Spalten für die den hydrograden, von 10 zu 10 wachsenden Coten entsprechenden Abflüsse.

Es kommt selten vor, dass die Messungen sich bis zu den Anfangscoten erstrecken und ist es daher zur Ergänzung der Tabelle nothwendig, seine Zuflucht zur Einschaltung zu nehmen. Eine Interpolation soll nur zwischen zwei direct bestimmten Messungen gemacht werden und nur unter der Bedingung, dass die entsprechenden hydrograden Coten dieser beiden Abflüsse um nicht mehr als 10 Hydrograde von einander differiren. Eine Ausnahme von dieser Regel machen nur die Abflüsse beim niedrigsten Wasserstand. Sind die Ströme vollständig durch Hüttenwerke benützt, und kennt man bereits ihr Abflussquantum bei gewöhnlichem Wasserstand, so folgert man daraus den Abfluss des niedrigsten Wasserstandes, indem man den bekannten Abfluss in das entgegengesetzte Verhältniss des Gefälles und in das directe Verhältniss der Mengen der industriellen Arbeit zurückführt, welche in derselben Art während 24 Stunden in zwei Fällen bewirkt wird.

Die so erlangte Tabelle gibt in jeder verticalen Spalte die Abflüsse aller Ströme, welche derselben hydrograden Cote entsprechen, und in jeder horizontalen die Ordinaten aller Abflüsse für jeden Strom als Function der hydrograden Coten. Die Kenntniss des Hydromodels und der hydrometrischen Cote des niedrigsten Wasserstandes gestattet es, die bezügliche hydrometrische Cote jedes Abflusses wieder einzusetzen.

Alle so in die Tabelle eingeschriebenen Zahlen sind natürlich nicht so genau, als die durch directe Messungen erhaltenen. Man kann sich jedoch mit Mittelwerthen und einer Abschätzung begnügen, welche ähnlich der Berechnungsart ist, zu der man bei den Problemen der Aufsicht und zweckmässigen Bewirthschaftung der Gewässer seine Zuflucht nimmt.

Diese eben skizzirte Ritter'sche Methode der Herstellung hydrometrischer Karten bietet viele Vorzüge. Werden solche Karten nämlich für jedes Flussgebiet hergestellt, so ermöglichen sie auf das Leichteste eine Vergleichung zwischen den verschiedenen Hochwässern und zeigen sofort auf das Deutlichste jeden Zufluss in die grösseren Ströme; eine derartige graphische Darstellung durch verschiedenfarbige Linien ist jedenfalls viel übersichtlicher und in die Augen springender als eine Zusammenstellung von Zahlen, deren gegenseitiges Verhältniss man nicht überblicken kann. Durch Anfertigung solcher Karten für die verschiedenen Ströme könnte man leicht ein interessantes und übersichtliches Materiale sammeln und es wäre aus diesen Darstellungen auch für die Meteorologie ein Nutzen zu ziehen.

Sorgt man dafür, dass nur die unmittelbar interessanten Coten eingeschrieben werden, so können die Karten in ziemlich kleinem Maassstabe entworfen werden.

Darstellung der Hochwasserfluth der Elbe vom 30. Juli bis 17. August 1882.

Es ist dem Verfasser leider nicht möglich gewesen, die höchsten und niedrigsten Wasserstände der Elbe oder irgend eines anderen bedeutenden deutschen Flusses, nach absolut glaubhaften Beobachtungen, welche sich über eine grössere Zeitperiode erstrecken, zusammenzustellen, da für diesen Zweck noch recht wenig einheitliche und brauchbare Beobachtungen vorhanden sind, wenn auch in einzelnen Ländern z. B. in Böhmen bereits sehr Tüchtiges geleistet worden ist. Die Herstellung hydrograder Karten musste demnach aufgegeben werden; jedoch ist versucht worden, aus dem zu Gebote stehenden Material eine auxigrade Karte des Sommerhochwassers der Elbe im Jahre 1882 herzustellen, die, wenn auch aus obigen Gründen nicht besonders vollständig, doch durch das vorgeführte Bild eines normalen Elb-Hochwasserverlaufes manches Interessante bieten dürfte.

Zusammenhängende Pegelbeobachtungen waren nur für folgende Stationen zu erhalten, deren Zusammenstellung in der Tabelle auf Seite 58 gegeben ist.

Die Zahlen bedeuten Meter über, resp. unter dem Null der betreffenden Pegel. Die Nullpunkte der Elbepegel stehen untereinander in keinem directen Zusammenhange, so etwa, dass der Nullpunkt allgemein als Mittel-Sommerniedrigwasser zu betrachten wäre. In der Tabelle sind die Pegelbeobachtungen, welche der Erhebung des Wasserspiegels unmittelbar vorhergehen, mit einer vollen schwarzen Linie (—) und die in Folge des Hochwassers stattgefundenen Maximalwasserstände mit einer punktirten Linie (.....) unterstrichen.

Für die Stationen Zollenspieker, Harburg und Hamburg sind die angeführten Pegelbeobachtungen zur Ebbezeit genommen worden..

Die auxigraden Coten sind für die Zeit vom 30. Juli bis 17. August 1882 aus der Formel

$$A_g = 100 \frac{C - C_0}{C_M - C_0}$$

berechnet worden.

Tabelle der Pegelbeobachtungen vom 28. Juli bis 18. August 1882.

| | Budweis | Prag | Pardubitz | Melnik | Leitmeritz | Aussig | Dresden | Torgau | Wittenberg | Rosslau | Barby | Magdeburg | Tangermünde | Wittenberge | Broda-Dömitz | Lauenburg | Zollenspieken Ebbe | Harburg Ebbe | Hamburg Ebbe |
|------------------|---------|-------|-----------|--------|------------|--------|---------|--------|------------|---------|-------|-----------|-------------|-------------|--------------|-----------|-----------------------|-----------------|-----------------|
| 28. Juli 1882 .. | 0.08 | -0.19 | 0.10 | -0.10 | -0.28 | -0.15 | -0.98 | 0.90 | 1.12 | 0.68 | 1.30 | — | 1.53 | 1.15 | 0.36 | 0.47 | 0.02 | 0.00 | 2.90 |
| 29. " " .. | 0.58 | -0.12 | 0.60 | -0.08 | -0.23 | -0.20 | -1.04 | 0.86 | 1.20 | 0.62 | 1.44 | 1.29 | 1.56 | 1.17 | 0.42 | 0.54 | 0.12 | 0.07 | 2.96 |
| 30. " " .. | 1.40 | 0.90 | 1.70 | 0.28 | 0.09 | 0.20 | -0.56 | 0.85 | 1.26 | 0.75 | 1.84 | 1.58 | 1.68 | 1.19 | 0.44 | 0.50 | 0.20 | 0.07 | 3.05 |
| 31. " " .. | 0.62 | 1.55 | 1.16 | 1.82 | 1.35 | 1.60 | -0.26 | 1.30 | 1.26 | 0.86 | 2.10 | 1.77 | 1.94 | 1.30 | 0.51 | 0.67 | 0.55 | 0.15 | 3.34 |
| 1. August 1882 | 0.45 | 1.18 | 0.88 | 1.50 | 1.37 | 1.70 | 1.04 | 1.88 | 1.70 | 1.38 | 2.46 | 2.00 | 2.20 | 1.56 | 0.64 | 0.71 | 0.56 | 0.66 | 3.79 |
| 2. " " " | 0.32 | 0.96 | 0.78 | 1.34 | 1.24 | 1.70 | 0.70 | 3.12 | 2.60 | 1.72 | 2.90 | 2.35 | 2.53 | 1.78 | 0.81 | 0.80 | 0.44 | 0.27 | 3.22 |
| 3. " " " | 0.28 | 0.82 | 0.70 | 0.98 | 1.00 | 1.40 | 0.62 | 2.92 | 3.30 | 2.72 | 3.38 | 2.71 | 2.85 | 2.09 | 1.07 | 0.99 | 1.03 | 0.49 | 3.57 |
| 4. " " " | 0.30 | 0.93 | 1.00 | 1.18 | 1.05 | 1.43 | 0.50 | 2.85 | 3.30 | 2.98 | 3.78 | 3.10 | 3.20 | 2.38 | 1.36 | 1.23 | 1.39 | 1.05 | 4.14 |
| 5. " " " | 0.30 | 1.03 | 0.85 | 1.38 | 1.24 | 1.68 | 0.64 | 2.65 | 3.28 | 3.08 | 3.96 | 3.28 | 3.50 | 2.66 | 1.61 | 1.53 | 1.59 | 1.36 | 4.52 |
| 6. " " " | 0.22 | 0.85 | 0.88 | 1.20 | 1.17 | 1.62 | 0.72 | 2.75 | 3.14 | 3.11 | 4.06 | 3.42 | 3.72 | 2.92 | 1.88 | 1.71 | 1.30 | 0.83 | 3.74 |
| 7. " " " | 0.14 | 0.72 | 1.52 | 1.21 | 1.08 | 1.46 | 0.50 | 2.88 | 3.26 | 3.03 | 4.06 | 3.49 | 3.90 | 3.10 | 2.13 | 1.94 | 1.37 | 0.63 | 3.59 |
| 8. " " " | 0.10 | 0.60 | 1.56 | 0.98 | 0.90 | 1.30 | 0.42 | 2.70 | 3.30 | 3.11 | 4.08 | 3.50 | 3.93 | 3.28 | 2.30 | 2.16 | 1.48 | 0.53 | 3.43 |
| 9. " " " | 0.10 | 0.53 | 1.55 | 0.96 | 0.83 | 1.20 | 0.22 | 2.58 | 3.16 | 3.06 | 4.08 | 3.51 | 3.99 | 3.39 | 2.49 | 2.34 | 1.60 | 0.53 | 3.30 |
| 10. " " " | 0.30 | 0.54 | 1.83 | 0.96 | 0.91 | 1.14 | 0.13 | 2.32 | 3.02 | 2.95 | 3.86 | 3.42 | 4.00 | 3.46 | 2.60 | 2.50 | 1.73 | 0.58 | 3.34 |
| 11. " " " | 0.20 | 0.68 | 1.84 | 1.06 | 0.81 | 1.18 | 0.15 | 2.23 | 2.84 | 2.27 | 3.62 | 3.22 | 3.95 | 3.52 | 2.67 | 2.62 | 1.85 | 0.53 | 3.35 |
| 12. " " " | 0.16 | 0.60 | 1.40 | 1.02 | 0.81 | 1.18 | 0.10 | 2.24 | 2.76 | 2.58 | 3.38 | 3.00 | 3.83 | 3.53 | 2.73 | 2.72 | 1.94 | 0.61 | 3.34 |
| 13. " " " | 0.12 | 0.48 | 1.08 | 0.94 | 0.74 | 1.14 | 0.05 | 2.20 | 2.72 | 2.51 | 3.18 | 2.74 | 3.60 | 3.44 | 2.75 | 2.73 | 2.00 | 0.66 | 3.35 |
| 14. " " " | 0.10 | 0.38 | 0.84 | 0.78 | 0.62 | 1.00 | -0.05 | 2.15 | 2.70 | 2.43 | 3.04 | 2.65 | 3.40 | 3.30 | 2.67 | 2.82 | 2.02 | 0.68 | 3.40 |
| 15. " " " | 0.06 | 0.28 | 0.66 | 0.63 | 0.48 | 0.78 | -0.18 | 2.04 | 2.60 | 2.35 | 2.92 | 2.56 | 3.25 | 3.10 | 2.55 | 2.80 | 2.02 | 0.73 | 3.43 |
| 16. " " " | 0.03 | 0.22 | 0.60 | 0.51 | 0.36 | 0.62 | -0.33 | 1.80 | 2.50 | 2.24 | 2.80 | 2.44 | 3.13 | 2.96 | 2.39 | 2.71 | 1.93 | 0.73 | 3.43 |
| 17. " " " | 0.34 | 0.45 | 0.70 | 0.48 | 0.40 | 0.55 | -0.46 | 1.72 | 2.34 | 2.11 | 2.68 | 2.31 | 3.00 | 2.82 | 2.23 | 2.55 | 1.79 | 0.75 | 3.55 |
| 18. " " " | 0.38 | 0.70 | 0.72 | 0.76 | 0.55 | 0.72 | -0.39 | 1.58 | 2.18 | 1.98 | 2.64 | 2.27 | 2.90 | 2.70 | 2.09 | 2.40 | 1.66 | 0.63 | 3.40 |

Nachstehend ist eine Tabelle der hydrometrischen Coten, welche zur Berechnung der auxigraden Coten der Karte des 12. Augusts gedient haben, gegeben:

A_g = auxigrade Cote; C = hydrometrische Cote des 12. August 1882.

C_0 = hydrometrische Anfangscote.

C_M = hydrometrische Cote des Maximalwuchses.

| Ag | Fluss | Station | C | C_M | C_0 | $C_M - C_0$ |
|-----|-------------|---------------------|------|-------|-------|-------------|
| 6 | Moldau | Budweis | 0.16 | 1.40 | 0.08 | 1.32 |
| 43 | " | Prag | 0.60 | 1.55 | -0.12 | 1.67 |
| 82 | Elbe | Pardubitz | 1.40 | 1.70 | 0.10 | 1.60 |
| 58 | " | Melnik | 1.02 | 1.82 | -0.08 | 1.90 |
| 65 | " | Leitmeritz | 0.81 | 1.37 | -0.23 | 1.60 |
| 73 | " | Aussig | 1.18 | 1.70 | -0.20 | 1.90 |
| 55 | " | Dresden | 0.10 | 1.04 | -1.04 | 2.08 |
| 61 | " | Torgau | 2.24 | 3.12 | 0.85 | 2.27 |
| 74 | " | Wittenberg | 2.76 | 3.30 | 1.26 | 2.04 |
| 76 | " | Rosslau | 2.58 | 3.11 | 0.86 | 2.25 |
| 65 | " | Barby | 3.38 | 4.08 | 2.10 | 1.98 |
| 66 | " | Magdeburg | 3.00 | 3.51 | 2.00 | 1.51 |
| 88 | " | Tangermünde | 3.83 | 4.00 | 2.53 | 1.47 |
| 100 | " | Wittenberge | 3.53 | 3.53 | 2.09 | 1.44 |
| 99 | " | Broda-Dömitz | 2.73 | 2.75 | 1.86 | 1.39 |
| 92 | " | Lauenburg | 2.72 | 2.82 | 1.53 | 1.29 |
| 89 | " | Zollenspieken | 1.94 | 2.02 | 1.30 | 0.72 |
| 36 | Süder-Elbe | Harburg | 0.61 | 0.75 | 0.53 | 0.22 |
| 16 | Norder-Elbe | Hamburg | 3.34 | 3.55 | 3.30 | 0.25 |

Diese ausgerechneten auxigraden Coten sind nun in die 19 Karten der Elbe (siehe Blatt 9) für jeden einzelnen Tag eingetragen, und nach denselben durch ver-

schiedene Farbenbezeichnung der Verlauf des Hochwassers dargestellt worden. *)

Der Maassstab für die Karten ist $\frac{1}{3,000,000}$ angenommen, welcher zur klaren Darstellung genügt.

Die Wuchshöhe des Hochwassers ist aus der Tabelle der Pegelbeobachtungen leicht zu bestimmen, während das Aufsuchen der hydrometrischen Anfangscote nicht immer so leicht ist. Man muss, um dies zu können, mit den Verhältnissen des Stromes bekannt sein, und natürlich auch auf die inzwischen eingetretenen localen Niederschläge im Flussgebiet Rücksicht nehmen.

Bei Betrachtung der Tafel fallen sofort die rothen Linien, wo die auxigraden Coten zwischen 80 und 100 liegen, wo also das Hochwasser nahezu sein Maximum erreicht, oder bereits erreicht hat, auf. Man sieht sofort, wo sich während des ganzen Hochwasser-Verlaufes der Gipfel des Hochwassers befindet.

Die Karte des 30. Juli zeigt den Beginn des Hochwassers zu Budweis an der Moldau und zu Pardubitz an der Elbe. Am 31. Juli befindet sich der Gipfel in Prag und Melnik und ist bereits fast bis Aussig vorgerückt; den 1. August ist er in Dresden, den 2. in Torgau etc. Je weiter die Elbe in das Flachland eintritt, desto geringer wird ihr Gefälle, starke Krümmungen und Schleifen treten zahlreich auf und desto langsamer verläuft das Hochwasser. Am 15. August erreichte es Zollenspieken und war am 17. in Hamburg zu constatiren.

*) Im Drucke wurde die Anzahl der Farben reducirt und dafür eine verschiedene Bezeichnung der Linien eingeführt. D. R.

Der Einfluss der localen Niederschläge und der Niederschläge im Gebiete der Nebenflüsse ist sofort aus der Zunahme der Cote an den betreffenden Stationen ersichtlich; z. B. in der Karte des 5. August ist die Cote der Station Aussig auf 99 Auxigrade von 86 des vorhergehenden Tages gewachsen, hervorgerufen durch neue Niederschläge in Böhmen. Pegelbeobachtungen der Nebenflüsse war dem Verfasser nicht vergönnt zu sammeln. Auf die Coten der Station Dresden muss noch besonders aufmerksam gemacht werden: dieselben sind fast immer kleiner, als die der unterwärts liegenden Station Torgau. Die Erklärung hierfür liegt darin, dass die Elbe bei Pirna, eben oberhalb Dresdens, aus dem Gebirge, wo sie eingengt war, heraustritt, und bei Meissen, zwischen Dresden und Torgau, wie-

der durch das von beiden Seiten an den Fluss herantretende Gebirge beengt wird, wodurch sich der Wasserspiegel bei Dresden senkt, und von Dresden nach Torgau zu, vor welcher Station sich überdies beträchtliche Schleifen befinden, hebt.

Auf Frühjahrs- und Herbsthochwasser ist man meistens vorbereitet, auf Sommerhochwasser, welche besonders im Gebirge durch Wolkenbrüche entstehen, und die meist im Stromgebiet wenig Zuschuss bekommen, jedoch nicht. Die Tafel der Auxigraden bietet die Möglichkeit, über die Geschwindigkeit des Hochwasser-Verlaufes ein Urtheil zu fällen. Man kann demnach bei einen im Gebirge eingetretenen Hochwasser die unterhalb gelegenen Ortschaften rechtzeitig benachrichtigen und so viel Unglück verhüten.

Cisternen.

Studie über deren rationelle Anlage, mit besonderer Rücksicht auf den Eisenbahnbau im Karstgebiete.

Von **Johann R. v. Finetti**, Ober-Ingenieur.

Es gibt gewisse technische Probleme, welche verurtheilt zu sein scheinen, in beständiges Dunkel gehüllt zu bleiben. Zu diesen gehört auch die Frage der rationellen Anlage von Cisternen im Allgemeinen und speciell für die Bedürfnisse des Eisenbahnbaues.

Die nachfolgende Studie ist ein Versuch, durch die Mittheilung von Erfahrungen auf diesem Gebiete Einiges zur Aufhellung desselben beizutragen.

Allgemeine Daten.

Cisternen finden sich seit den ältesten Zeiten in den Ländern heisser Zone; so auf den Wüstenstrecken Westarabiens und Nordafrikas. Auch sind Reste von grossen Cisternen-Anlagen in Palästina, von der Zeit des jüdischen Reiches herstammend, bekannt. Die Städte Constantinopel, Aden, Alexandrien u. a. m. besitzen, ihrer Grösse und Schönheit wegen, gepriesene Cisternen-Anlagen. In Europa sind viele Städte auf Cisternen angewiesen, wie beispielsweise Venedig, Zara, ferner viele Festungen, Fortificationswerke, Klöster und Fabriken. Ich erwähne hiebei auch, dass in Aden acht grosse Cisternen, welche 32,000.000 Liter fassen — ein Werk aus der Blüthezeit Arabiens — fast immer leer stehen, weil daselbst fast nie ein Regen fällt und selbst mit Gewitter-Erscheinungen verbundene, sehr heftig auftretende Regengüsse dort in fünf Jahren nur zweimal vorzukommen pflegen.

Ein klägliches Bild in Folge Wassermangels bietet auch das uns naheliegende Karstgebiet längs des adriatischen Meeres; dort, wo einst üppige Waldungen bestanden, tritt uns heute Verwüstung, Entvölkerung und Verarmung entgegen.

Dieser Zustand, die Folge vandalischer Menschenarbeit vergangener Jahrhunderte, zeigt die Gewalt der entfesselten Naturkräfte, welche an dem, seiner Waldungen völlig entkleideten Boden mit unerbittlicher Consequenz, die durch keinerlei Pflanzenwuchs geschützte noch gehaltene Humusdecke abtrug. Das nun zu Tage liegende Karstgestein (Höhlenkalk) öffnet den Niederschlägen den Weg in die

Tiefen, und zahllose unterirdische Gänge führen die Meteorwässer in, zumeist bis an die Küste unergründlichem Laufe fort in das Meer.

So kommt es, dass in diesem Gebiete, das die Meeresküste vom Schlosse Duino bis zur Bocche di Cattaro umfasst, nur ausnahmsweise ein kurzer oberirdischer Wasserlauf, oder ein kleiner See dem, Ackerbau und Schafzucht treibenden Karstbewohner Hilfe reicht, während bei Weitem der grösste Theil des Karstgebietes, ja sogar trichterartig umschlossene Einsenkungen des Terrains — Dolinen genannt — welche zur Bildung von Teichen und Tümpeln auserkoren wären, dieses existenzbedingenden Elementes entbehren.

Das Küstenland gehört in die fünfte Regenzone, also in den „Gürtel mit Regen zu allen Jahreszeiten“, nur ist hier leider die Ergiebigkeit des Regens sehr schwankend.

Allerdings ist die Wassernoth dieser Länderstriche eine relative, denn eine künstliche Wasserversorgung ist hier immerhin möglich; man ist jedoch auf Bauanlagen, welche die Niederschläge sammeln, filtriren und aufspeichern, angewiesen.

Eine Gemeinde im Karstgebiete dünkt sich in der That umso wohlhabender, je mehr und grössere Wassertümpel sie besitzt. Doch versagen solche meist natürliche, oder mangelhaft angelegte künstliche Regenwassersammler ihre Dienste im Momente der grössten Noth — zur Zeit der Dürre. Ein richtigerer Maassstab für den Wohlstand solcher Gemeinden ist demnach das Verhältniss der Einwohner zur Anzahl, Grösse und Vertheilung von Wasserbeschaffungsanlagen, welche zur Dürrezeit ausreichende Wassermengen sicherstellen, d. s. Cisternen oder Haus-Reservoirs.

Das Vordringen der Eisenbahnen mit ihrer civilisatorischen Kraftentfaltung, sowie eine wohlverstandene Volkswirtschaft werden gewiss zur umfangreicheren Einführung von Cisternen führen, wovon eine neue Aera des culturellen Aufschwunges in dem klimatisch bevorzugten Küstenlande zählen würde.

Es ist eben nothwendig, derartige Anlagen, wenn sie ihrem Zwecke entsprechen sollen, nach streng wissenschaft-

lichen Grundsätzen einzurichten; leider ist in der einschlägigen Fachliteratur hierüber wenig zu finden, und so kommt es, dass wir beispielsweise auf der Birsa-Odessaer-Bahn erstaunlich primitiven Einrichtungen begegnen.

Die allhier übliche, auf 150 Wächterstrecken sich beziehende Wasserversorgung besteht darin, dass bei jeder Wächterbude (einer Erdhütte) ein grösseres Fass in die Erde eingegraben und mit Brettern gedeckt gehalten wird, in welches, wenn thunlich, jeden Tag ein Fass Wasser geleert wird, das einspännige Wasserfuhren aus den anliegenden Thälern bringen. Der Wassermangel auf der Höhe der Steppe, längs welcher sich die Odessa-Birsa Bahn hinzieht, ist so bedeutend, dass in den vielen Jahren nach Eröffnung der Bahn dort noch nicht die kleinste menschliche Ansiedlung in der Nähe der Bahnlinie entstanden ist.

Unter den mitunter grossartig und kostspielig geplanten Wasserversorgungen sind die Cisternen das letzte Ausfluchtmittel, um Haus, Hof und Garten, nebenbei die Fauna vor Durst und Trockenheit zu schützen.

Zur Verbreitung der Cisternen im Karstgebiete haben die Eisenbahnen Oesterreich-Ungarns nachahmungswürdige Beispiele erbracht, indem hier verhältnissmässig ansehnliche Bausummen auf Haus-Reservoirs verausgabt wurden; es betrugen die Kosten für:

| | | |
|--|-----------------------|---------|
| 62 Cisternen an der Linie Laibach—Triest—Cormons schätzungsweise | | 50.000 |
| 26 " " " " St. Peter—Fiume factisch . . | | 10.500 |
| 57 " " " " Karstadt—Fiume schätzgsw. . | | 30.000 |
| 73 " " " " { Divača—Pola } factisch | | 60.000 |
| | { Canfanaro—Rovigno } | |
| 29 " " " " { Siveriö—Spalato } factisch | | 25.000 |
| | { Percović—Sebenico } | |
| zus. 247 Cisternen | | 175.500 |

In diesem Sinne wäre der Kampf gegen die Wasser-noth auf den Wüstenstrecken des Karstes weiterzuführen.*)

Theorie der Cisternen-Anlagen.

Cisternen, im weiteren Sinne des Wortes, sind Bauwerke, welche das Sammeln, Filtriren und Aufspeichern des Regenwassers zum Zwecke haben.

Das Wasser wohlgebauter und guterhaltener Cisternen ist dem neutralsten Wasser der besten Quellen, Flüsse und Brunnen, in Bezug auf Güte und Verdaulichkeit gleichwerthig. Der allerdings dem Cisternenwasser fehlende Beigeschmack, den Brunnen-, Quell- und Flusswässer haben, kann nach Wunsch durch Zusätze verschiedentlich erlangt werden.

Das volksthümliche Vorurtheil, vielmehr die Voreingenommenheit mancher Leute gegen das Cisternenwasser in gesundheitlicher Beziehung wird durch die sanitären Ergebnisse solcher Ansiedlungen, die auf fortwährenden Genuss von Cisternenwasser angewiesen sind, am sprechendsten widerlegt; auch wird diese Anschauung ebenfalls durch autoritäre Stimmen zur Genüge bestätigt.

Jede Cisterne soll in baulicher Beziehung aus drei Theilen bestehen:

- a) aus dem Theile, in welchem das Wasser aufgefangen wird und zur Ruhe kommt (Sammel- oder Klärräume);
- b) aus jenem, wo es filtrirt und endlich
- c) aus dem Raume, wo es aufgespeichert wird.

Unter den mancherlei Formen der Cisternen ist zweifelsohne die in Venedig von Natur gegebene die Beste.

Es bilden dort nämlich Erdanschüttungen zwischen den lehmigen Dämmen, womit die Lido-Insel ursprünglich umschlossen war und die bestehende Mauerumgürtung einen Körper, welcher die Filtration von Meerwasser, selbst bei Springfluth, abhält und so die Vermengung des Salzwassers mit dem Süsswasser der Insel oder umgekehrt verhindert.

Der Lido ist demnach eine ungeheure Sandmasse (Düne), welche sämmtliche Niederschläge ihres Gebietes einsaugt, das Regenwasser sammelt und selbes den vielen Schöpfbrunnen nach und nach in filtrirtem Zustande abgibt.

Ganz in derselben Art und Weise aber sind die künstlich hergestellten Venezianer Cisternen angelegt.

Cisternen-Anlagen sind ferner zweckmässig so zu situiren, dass die Sonnenstrahlen von denselben abgehalten, sowie alle Lichteinströmungen, da diese der Entwicklung und Fortpflanzung organischer Wesen förderlich sind, abgewendet werden und ist hiernach Folgendes anzustreben:

1. Unterirdische Legung der Cisterne.
2. Stellung derselben auf die Schattenseite.
3. Gehäuse mit verschliessbarer, gegen Nord gerichteter Thüre für jede freiliegende, nicht beschattete Cisterne. Ferner soll das Innere jeder Cisterne leicht zugänglich und deren Reinigung leicht möglich sein.

Die Güte des Wassers steigert sich:

- a) je grösser das relative Verbrauchsquantum ist, d. h. je öfter der Inhalt sich erneuert;
- b) je reiner die Regen-Auffangflächen sind;
- c) je mehr eine Cisterne gegen das Eindringen thierischer, wie vegetabilischer Organismen geschützt wird;
- d) je mehr Lufttheile (Sauerstoff) mit dem Cisternenwasser in Berührung kommen, und schliesslich
- e) je reiner das Cisterneninnere gehalten wird, woraus folgt, dass die Reinigung wenigstens einmal im Jahre gründlich vorgenommen werden muss.

Oekonomische Anlagen werden bedingt:

- a) durch eine meteorologisch, wie statisch richtige Dimensionirung der sie componirenden Theile;
- b) durch die Abwendung der Wasserverlustgründe;
- c) durch die Anwendung des erreichbar besten Baumaterials zur Erzielung absolut wasserdichter Wände;
- d) durch Zugrundelegung einer in trockenen Jahren unwandelbar aufrecht zu erhaltenden Consumordnung, endlich
- e) durch Vermeidung der Aufspeicherung von entbehrlichen Reserve-Quantitäten.

Wiewohl bei Verwendung ausgewählt guter Materialien und bei sehr fleissiger Arbeit angenommen werden kann, dass nahezu der ganze Niederschlag in die Cisterne gelangen wird, so ist es — in Würdigung unvermeidlicher Verluste — räthlich, einen gewissen Percentsatz der Regemengen in Abzug zu bringen.

Die hauptsächlichsten Verluste rühren her:

*) Vergleiche Jahrbuch der k. k. geol. Reichsanstalt in Wien, 1878, pag. 66.

1. von der Verdunstung;
 2. vom Aufsaugvermögen der Auffangflächen und der Filtermasse, dann von der Porosität der Cisternenwandungen und deren Undichtigkeiten;

3. von verlorenen Regenmengen bei geringer Ergiebigkeit einzelner Regen;

4. von der Ungeniessbarkeit des Bodensatzes.

Ich bemerke hiezu Nachstehendes:

Verdunstung. — Die mit Verdunstungsmessern im Freien erhobenen Zahlen sind auf verschlossene Räume, wie Cisternen, nicht anwendbar, und sind die Verdunstungsverhältnisse für die Cisternen, deren Inhalt gegen Windströmungen geschützt ist, in welchem Falle das Wasser eine niedere, nahezu gleichmässige Temperatur behält, bedeutend günstiger.

Immerhin wird sich die Verdunstung auch in geschlossenen Cisternengefässen äussern, d. i. eine selbstthätige Wasserzehrung hervorrufen, und diese ist von der Temperatur des Cisternenwassers, ferner aber auch von der Temperatur und dem Feuchtigkeitsgehalte der äusseren Luft abhängig.

Directe Messungen an Verdunstung aus Cisternengefässen sind meines Wissens noch nicht angestellt worden;*) es lässt sich aber annehmen, dass der Verlust durch Verdunstung, zumal wenn die Deckel der Cisternenhälse tagsüber geschlossen bleiben, ein sehr geringer sein wird.

Aufsaugung. — Das Aufsaugungsvermögen der Baumaterialien kann unter Umständen die Regenmengen merkbar beeinträchtigen.

Dieser Verlust ist umso grösser:

a) je geringer der Feuchtigkeitsgrad der Atmosphäre, der Erde und der Baumaterialien ist;

b) je poröser die Baumaterialien und je grösser die benetzten Flächen sind;

c) je geringer die Ergiebigkeit je eines Regenfalles ist und je häufiger die spärlichen Regen auf einander folgen.

Die unvermeidliche Aufsaugung, wie auch die voranbezeichneten Verluste 3 und 4 müssen in Rechnung gezogen werden, was durch die Annahme einer percentuell verringerten Regenhöhe zu geschehen pflegt.

Zur Construction der Cisternentheile übergehend, ist zu bemerken:

Die Sammelkammer oder der Klärraum sind so gross anzulegen, dass sie die grösste Regenmenge (den Maximalniederschlag) pro Stunde (Dauer der Filtrirung) Regenzeit im ausnehmend trockenen Jahre, (also laut Tab. A und $B = 75 \text{ m}^2 \times 0.034 \text{ m} = 2.55 \text{ m}^3$) aufnehmen können. Dessenungeachtet ist jede Sammelkammer mit einem Ueberlauf zu versehen für solche Regenmengen, welche bei Regenfluth, ihrer besonderer Ergiebigkeit wegen, von der Cisterne nicht gefasst werden könnten.

Werden Sammelkammern mittelst Canälen gespeist, so empfehlen sich Einrichtungen in denselben zur Ableitung der Niederschläge bei Beginn eines jeden Regens, da das anfängliche Wasser des Niederschlages durch inficirte Luft,

durch Insecten und mancherlei andere Verunreinigungen verdorben ist. Diese Vorsicht beobachtet man namentlich in industriellen Städten.

Unter den üblichen Filtern sind Sandfilter, namentlich jene von Meersand, die zweckentsprechendsten. Jede andere Filtrirung, wie beispielsweise durch Siebe, Moose, Wolle, Leinwand, poröses Holz, Pilze oder Schwämme, poröse Steinplatten oder Bimsstein, hat sich aus vielseitigen Erfahrungen als für die Dauer unzulänglich erwiesen.

Das sich filtrirende Wasser darf den Sand nicht mit-schwemmen, weshalb Sandsperrren anzuordnen sind. Diese bestehen einfach darin, dass das Wasser genöthigt wird, sich in der letzten der Filterkammern (wenn es deren mehrere gibt) durch eine syphonartige Spalte, die ebenfalls Sandmasse enthält, von unten nach aufwärts zu bewegen. In den Schöpfschacht mitgeschwemmter Sand ist namentlich den allfälligen Pumpvorrichtungen schädlich.

Das Filter darf nicht unter starkem Druck beansprucht sein. Am Günstigsten stellt sich der Druck bei einer Niveaudifferenz von 0.5 m. Unter diesem Druck filtrirt 1 m² Sandfilter von 0.6 m Mächtigkeit in 24 Stunden erfahrungsgemäss 2.4 m³ Wasser.

Das Cisternenhaus, wie auch der Filtrirraum biete im Innern die kleinstmögliche Oberfläche dar. Der Boden derselben sei nach einer gestürzten, abgestutzten Pyramide oder ebensolchem Kegel geformt. Alles Innere werde spiegelglatt verputzt.

Der Grössenbestimmung des Cisternenhauses will vorausgeschickt werden:

Jahresbedarf. Bisher meinte man, es sei ganz einfach der Jahresbedarf an Nutzwasser zu fixiren und danach eine Auffangfläche unter der Annahme, dass die Niederschlagsmenge 70 % der theoretischen Regenmenge betrage, zu bestimmen. Dies ist auch richtig, allein es setzt die genaue Kenntniss der localen, meteorologischen Verhältnisse voraus, eine Kenntniss, welche der Ingenieur, der für eine Eisenbahn Wasser zu beschaffen hat, erst nach Jahren erlangen könnte.

Man war sonach diesbezüglich auf eine Schätzung angewiesen, und nahm für die zum österreichischen Staate gehörigen adriatischen Küstenländer durchschnittlich 50 cm nutzbare Regenhöhe an, welche Annahme selbstverständlich nur ein Mittelwerth sein kann.

Die Gesetzmässigkeit aber, die unser Weltall regiert, ist gewiss auch den wässerigen Meteoren innewohnend, nur ist dieselbe heute noch unerforscht.

Die ersten vorbereitenden Schritte sind durch bestehende meteorologische Stationen geschehen; weiters sind nun anknüpfend an die Normal-Beobachtungs-Stationen Filialstationen zu errichten, welche mit ersteren synchronische Regenmessungen, so lange als thunlich, fortzuführen haben. Hierauf berechne man die Verhältnisse zwischen beiden Stationen, und man wird so alle Relationen des neuen Ortes, in Bezug auf die Centralstation finden.

Die so erhaltenen Werthe sind Wahrscheinlichkeitswerthe von gleicher Bonität, welche unserem Zwecke weitaus besser als die empirischen Annahmen entsprechen werden.

*) Nr. 4 der Wochenschrift, Jahrg. 1883 gibt Daten über den „Verdunstungsprocess“.

Regenhäufigkeit und Regenhöhen

Tabelle A.

für das

ausnehmend trockene Cisternen-Betriebsjahr vom Mai 1879 bis April 1880 in Pola.

Niederschlag in Millimetern, abgelesen 7 Uhr Vorm. — Ombrometerstand 1.3 m über dem Erdboden. — Maximalniederschlag in 1 Stunde Regenzeit = 34.00 mm. — Schneemenge = 0.

| Tag | Mai 1879 | | | Juni | | | Juli | | | August | | | September | | | October | | |
|-----|---------------|--------------------|---------------------------|---------------|--------------------|---------------------------|---------------|--------------------|---------------------------|---------------|--------------------|---------------------------|---------------|--------------------|---------------------------|---------------|--------------------|---------------------------|
| | ein- zelne | A sum- mirte | nutzbar 700/0 von A | ein- zelne | A sum- mirte | nutzbar 700/0 von A | ein- zelne | A sum- mirte | nutzbar 700/0 von A | ein- zelne | A sum- mirte | nutzbar 700/0 von A | ein- zelne | A sum- mirte | nutzbar 700/0 von A | ein- zelne | A sum- mirte | nutzbar 700/0 von A |
| | Regenhöhen | Σ (h) | | Regenhöhen | Σ (h) | | Regenhöhen | Σ (h) | | Regenhöhen | Σ (h) | | Regenhöhen | Σ (h) | | Regenhöhen | Σ (h) | |
| 1 | Uebertrag: | | | | 94.4 | 66.1 | | 118.6 | 79.5 | | 182.1 | 92.5 | | 136.6 | 95.6 | | 315.6 | 220.9 |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 4.0 | | 2.8 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 4.1 | 8.1 | 5.7 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | 1.2 | 95.6 | 66.9 | 6.0 | 119.6 | 88.7 | | | | 4.2 | 140.8 | 98.6 | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 19.4 | 27.5 | 19.2 | | | | 6.0 | 125.6 | 87.9 | | | | 5.0 | 145.8 | 102.1 | | | |
| 11 | 5.0 | 32.5 | 22.8 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 4.6 | 37.1 | 26.0 | | | | | | | | | | 1.0 | 146.8 | 102.8 | | | |
| 13 | 5.4 | 42.5 | 29.8 | 4.0 | 99.6 | 69.7 | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | 3.0 | 128.6 | 90.0 | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | 4.8 | 47.3 | 33.1 | | | | | | | 2.0 | 134.1 | 93.9 | | | | 17.8 | 333.4 | 233.4 |
| 18 | 15.4 | 62.7 | 43.9 | | | | | | | 2.5 | 136.6 | 95.6 | 51.5 | 198.3 | 138.8 | 51.0 | 384.4 | 269.1 |
| 19 | | | | 14.0 | 113.6 | 79.5 | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | 8.1 | 70.8 | 49.6 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | 3.5 | 132.1 | 92.5 | | | | | | | 1.6 | 386.0 | 270.2 |
| 23 | 3.0 | 73.8 | 51.7 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | 8.1 | 81.9 | 57.3 | | | | | | | | | | 100.6 | 298.9 | 209.2 | | | |
| 27 | 7.2 | 89.1 | 62.4 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | 2.4 | 91.5 | 64.1 | | | | | | | | | | 5.7 | 304.6 | 218.2 | | | |
| 29 | | | | | | | | | | | | | 11.0 | 315.6 | 220.9 | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | 2.9 | 94.4 | 66.1 | | | | | | | | | | | | | | | |

| Tag | November 1879 | | | December | | | Jänner 1880 | | | Februar | | | März | | | April | | |
|-----|---------------|--------------------|---------------------------|---------------|--------------------|---------------------------|---------------|--------------------|---------------------------|---------------|--------------------|---------------------------|---------------|--------------------|---------------------------|---------------|--------------------|---------------------------|
| | ein- zelne | A sum- mirte | nutzbar 700/0 von A | ein- zelne | A sum- mirte | nutzbar 700/0 von A | ein- zelne | A sum- mirte | nutzbar 700/0 von A | ein- zelne | A sum- mirte | nutzbar 700/0 von A | ein- zelne | A sum- mirte | nutzbar 700/0 von A | ein- zelne | A sum- mirte | nutzbar 700/0 von A |
| | Regenhöhen | Σ (h) | | Regenhöhen | Σ (h) | | Regenhöhen | Σ (h) | | Regenhöhen | Σ (h) | | Regenhöhen | Σ (h) | | Regenhöhen | Σ (h) | |
| 1 | Uebertrag: | | | | 448.9 | 314.2 | | 499.5 | 349.7 | | 521.1 | 364.8 | | 555.8 | 389.1 | | 570.7 | 399.5 |
| 2 | 23.5 | 409.5 | 286.7 | 14.0 | 462.9 | 324.0 | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 8.5 | 418.0 | 292.6 | 5.0 | 467.9 | 327.5 | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | 30.4 | 498.3 | 348.8 | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | 2.2 | 523.3 | 366.3 | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | 14.0 | 537.3 | 376.1 | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | 7.3 | 544.6 | 381.2 | | | | | | |
| 14 | 2.0 | 420.0 | 294.0 | | | | 3.0 | 502.5 | 351.8 | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | 7.4 | 509.9 | 356.9 | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 1.6 | 421.6 | 295.1 | | | | | | | 0.7 | 545.3 | 381.7 | 6.2 | 563.3 | 394.3 | | | |
| 19 | | | | | | | | | | 5.8 | 551.1 | 385.8 | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | 2.0 | 423.6 | 296.5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | 0.5 | 551.6 | 386.1 | | | | | | |
| 24 | 3.0 | 426.6 | 298.6 | | | | | | | 2.6 | 554.2 | 387.9 | | | | | | |
| 25 | 4.0 | 430.6 | 301.4 | | | | | | | 1.0 | 555.2 | 388.6 | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | | | | | | | 4.0 | 513.9 | 359.7 | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | 6.0 | 519.9 | 363.9 | 0.6 | 555.8 | 389.1 | 6.4 | 569.7 | 398.8 | 3.3 | 622.6 | 435.8 |
| 29 | 7.3 | 437.9 | 306.5 | | | | 1.2 | 521.1 | 364.8 | | | | 1.0 | 570.7 | 399.5 | | | |
| 30 | 11.0 | 448.9 | 314.2 | 1.2 | 499.5 | 349.7 | | | | | | | | | | 7.0 | 629.6 | 440.7 |
| 31 | | | | | | | | | | | | | | | | 6.0 | 635.6 | 444.9 |

für das

ausnehmend trockene Cisternen-Betriebsjahr vom Mai 1879 bis April 1880 in Pola.

Auffangfläche annähernd aus $f = \frac{B \text{ min.}}{h}$ und $F = \frac{B \text{ max.}}{h}$ — Wasser-Produktionskörper aus $\Sigma(V) = \Sigma(Fh)$, $\Sigma(h)$ aus Tabelle I zu nehmen.

| Tag | Mai 1879 | | | Juni | | | Juli | | | August | | | September | | | October | | |
|-----|--|-------------------|---|--|-------------------|---|--|-------------------|---|--|-------------------|---|--|-------------------|---|--|-------------------|---|
| | nutz- bare Regen- höhe Σ (h) | F | sum- mirte Pro- duction Σ (V) | nutz- bare Regen- höhe Σ (h) | F | sum- mirte Pro- duction Σ (V) | nutz- bare Regen- höhe Σ (h) | F | sum- mirte Pro- duction Σ (V) | nutz- bare Regen- höhe Σ (h) | F | sum- mirte Pro- duction Σ (V) | nutz- bare Regen- höhe Σ (h) | F | sum- mirte Pro- duction Σ (V) | nutz- bare Regen- höhe Σ (h) | F | sum- mirte Pro- duction Σ (V) |
| 1 | Uebertrag: | | . | . | | 4·958 | . | | 5·963 | . | | 6·938 | . | | 7·270 | . | | 16·568 |
| 2 | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . |
| 3 | 2·8 | 75 m ² | 0·210 | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . |
| 4 | 5·7 | " | 0·428 | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . |
| 5 | . | | . | 69·6 | 75 m ² | 5·018 | 83·7 | 75 m ² | 6·278 | . | | . | 98·6 | 75 m ² | 7·395 | . | | . |
| 6 | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . |
| 7 | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . |
| 8 | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . |
| 9 | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . |
| 10 | 19·2 | " | 1·440 | . | | . | 87·9 | " | 6·593 | . | | . | 102·1 | " | 7·658 | . | | . |
| 11 | 22·8 | " | 1·710 | . | | . | . | | . | . | | . | 102·8 | " | 7·710 | . | | . |
| 12 | 26·0 | " | 1·950 | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . |
| 13 | 29·8 | " | 2·235 | 69·7 | " | 5·228 | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . |
| 14 | . | | . | . | | . | 90·0 | " | 6·750 | . | | . | . | | . | . | | . |
| 15 | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . |
| 16 | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . |
| 17 | 33·1 | " | 2·483 | . | | . | . | | . | 93·9 | 75 m ² | 7·043 | . | | . | 233·4 | 75 m ² | 17·505 |
| 18 | 43·9 | " | 3·293 | . | | . | . | | . | 95·6 | " | 7·270 | 138·8 | " | 10·410 | 269·1 | " | 20·183 |
| 19 | . | | . | 79·5 | " | 5·963 | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . |
| 20 | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . |
| 21 | 49·6 | " | 3·720 | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . | 270·2 | " | 20·265 |
| 22 | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . |
| 23 | 51·7 | " | 3·878 | . | | . | 92·5 | " | 6·938 | . | | . | . | | . | . | | . |
| 24 | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . |
| 25 | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . |
| 26 | 57·3 | " | 4·298 | . | | . | . | | . | . | | . | 209·2 | " | 15·690 | . | | . |
| 27 | 62·4 | " | 4·780 | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . |
| 28 | 64·1 | " | 4·808 | . | | . | . | | . | . | | . | 213·2 | " | 15·990 | . | | . |
| 29 | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . | 220·9 | " | 16·568 | . | | . |
| 30 | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . |
| 31 | 66·1 | " | 4·958 | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . | . | | . |

| Tag | November 1879 | | | December | | | Jänner 1880 | | | Februar | | | März | | | April | | |
|-----|--|-------|---|--|-------|---|--|-------|---|--|-------|---|--|--------|---|--|-------|---|
| | nutz- bare Regen- höhe Σ (h) | F | sum- mirte Pro- duction Σ (V) | nutz- bare Regen- höhe Σ (h) | F | sum- mirte Pro- duction Σ (V) | nutz- bare Regen- höhe Σ (h) | F | sum- mirte Pro- duction Σ (V) | nutz- bare Regen- höhe Σ (h) | F | sum- mirte Pro- duction Σ (V) | nutz- bare Regen- höhe Σ (h) | F | sum- mirte Pro- duction Σ (V) | nutz- bare Regen- höhe Σ (h) | F | sum- mirte Pro- duction Σ (V) |
| 1 | Uebertrag: | | 20·265 | | | 23·565 | . | | 26·228 | . | | 27·860 | | | 29·183 | . | | 29·963 |
| 2 | 286·7 | 75 m² | 21·508 | 324·0 | 75 m² | 24·320 | . | | . | . | | . | . | . | . | . | . | . |
| 3 | . | | . | 327·5 | " | 24·563 | . | | . | . | | . | . | . | . | . | . | . |
| 4 | 292·6 | " | 21·945 | 348·8 | " | 26·160 | . | | . | . | | . | . | . | . | 401·6 | 75 m² | 30·120 |
| 5 | . | | . | . | . | . | . | | . | . | | . | . | . | . | 418·4 | " | 31·380 |
| 6 | . | | . | . | . | . | . | | . | . | | 389·4 | 75 m² | 29·205 | . | 419·2 | " | 31·440 |
| 7 | . | | . | . | . | . | . | | . | . | | 390·0 | " | 29·250 | . | 428·6 | " | 32·145 |
| 8 | . | | . | . | . | . | . | | . | . | | . | . | . | . | 433·5 | " | 32·513 |
| 9 | . | | . | . | . | . | . | | . | . | | . | . | . | . | . | . | . |
| 10 | . | | . | . | . | . | . | | . | 366·3 | 75 m² | 27·473 | . | . | . | . | . | . |
| 11 | . | | . | . | . | . | . | | . | 376·1 | " | 28·208 | . | . | . | . | . | . |
| 12 | . | | . | . | . | . | . | | . | 381·2 | " | 28·590 | . | . | . | . | . | . |
| 13 | . | | . | . | . | . | . | | . | . | | . | . | . | . | . | . | . |
| 14 | 294·0 | " | 22·050 | . | . | . | 351·8 | 75 m² | 26·385 | . | | . | . | . | . | . | . | . |
| 15 | . | | . | . | . | . | 356·9 | " | 26·768 | . | | . | . | . | . | . | . | . |
| 16 | . | | . | . | . | . | . | | . | . | | . | . | . | . | . | . | . |
| 17 | . | | . | . | . | . | . | | . | 381·7 | " | 28·628 | 394·3 | " | 29·573 | . | . | . |
| 18 | 295·1 | " | 22·133 | . | . | . | . | | . | 385·8 | " | 28·935 | . | . | . | . | . | . |
| 19 | . | | . | . | . | . | . | | . | . | | . | . | . | . | . | . | . |
| 20 | . | | . | . | . | . | . | | . | . | | . | . | . | . | . | . | . |
| 21 | 296·5 | " | 22·238 | . | . | . | . | | . | . | | . | . | . | . | . | . | . |
| 22 | . | | . | . | . | . | . | | . | . | | . | . | . | . | . | . | . |
| 23 | . | | . | . | . | . | . | | . | 386·1 | " | 28·958 | . | . | . | . | . | . |
| 24 | 298·6 | " | 22·395 | . | . | . | . | | . | 387·9 | " | 29·093 | . | . | . | . | . | . |
| 25 | 301·4 | " | 22·605 | . | . | . | . | | . | 388·6 | " | 29·145 | . | . | . | . | . | . |
| 26 | . | | . | . | . | . | . | | . | . | | . | . | . | . | . | . | . |
| 27 | . | | . | . | . | . | 359·7 | " | 26·978 | . | | . | . | . | . | . | . | . |
| 28 | . | | . | . | . | . | 363·9 | " | 27·292 | 389·1 | " | 29·183 | 398·8 | " | 29·910 | 435·8 | " | 32·685 |
| 29 | 306·5 | " | 22·988 | . | . | . | 364·8 | " | 27·860 | . | | . | 399·5 | " | 29·963 | . | . | . |
| 30 | 314·2 | " | 23·565 | 349·7 | " | 26·228 | . | | . | . | | . | . | . | . | 440·7 | " | 33·052 |
| 31 | . | | . | . | . | . | . | | . | . | | . | . | . | . | 444·9 | " | 33·368 |

Ueber die Dimensionirung der Cisternentheile bestehen im österreichischen Küstenlande folgende Regeln:

1. Der Wasserbedarf ist so hoch anzusetzen, dass hiemit durch 180 Tage das Auskommen gefunden werden kann.
2. Dieses in Kubik-Metern ausgedrückte Bedarfs-Quantum wird vervierfacht, um die in Quadrat-Metern erhältliche, minimale Regen-Auffangfläche für den gegebenen Fall zu ermitteln.

3. Eine Cisterne wird ferner vom Empiriker um so reicher dotirt angesehen, je grösser die ihr zugehörige Niederschlagsfläche ausfällt.

Diese Regeln gelten für Gemeinde-Cisternen, welche keine Jahres-Cisternen sind, sondern unter Verschluss und strenger Controle stehen, um zur Zeit anhaltender Trockenheit, und erst dann, sobald alle Wassertümpel und dergl. vertrocknet sind, den Interessenten aus der Noth zu helfen.

Ganz andere Bedingungen stellt man an eine Jahres-Cisterne, die wir eben in Betracht ziehen wollen. *)

Jahres-Cisternen sind solche, welche die Wasserzehrung das ganze Jahr hindurch zu decken haben; diese müssen auf Grund der diesfalls ungünstigsten Niederschläge eines Jahres construirt werden.

Die Wasseranfuhr ist also hier wie bei den Gemeinde-Cisternen eine natürliche, intermittirende, dagegen ist die Wasserzehrung aus den Jahres-Cisternen eine stetige, während jene aus Gemeinde-Cisternen nur temporär währt.

Aus den verfügbaren meteorischen Messungen fand man bald heraus, dass die landesübliche Annahme einer 180 Tage währenden Trockenheit einer allzugrossen Aengstlichkeit entsprungen ist, nachdem es selten Monate im Jahre gibt, in welchen kein Niederschlag stattfindet.

Ein Blick auf die graphische Aufzeichnung der Tafel A enthebt uns jeder Unschlüssigkeit über die Wahl der für Cisternen normgebenden Regensäule.

Nach Erfahrungsergebnissen kommen von den Regensmengen 70% als nutzbare Wassermenge für Cisternen-Anlagen (diese selbst von der besten Construction gedacht) in Betracht. Von der also auf 70% herabgesetzten Zeit-Regenhöhelinie mache man nun den weiteren Gebrauch, um die Dimensionirung der Cisternentheile auf synthetischem Wege

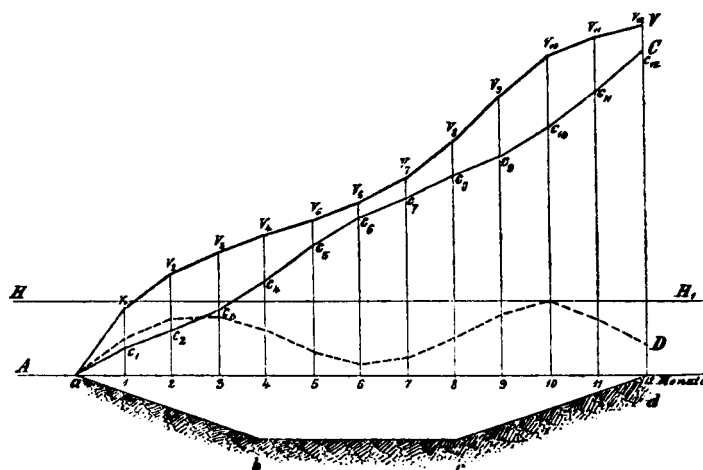
*) Das sonst sehr schätzbare Material über Cisternen von Presani, Rankine, Grimaud de Caux, Franzius und Sonne ist für Jahres-Cisternen am Allerwenigsten zu verwerthen. Von der diesbezüglichen Literatur sind erwähnenswerth:

1. Cenni sui modi, che si usano per raccogliere, conservare e depurare l'acqua potabile e sulle varie costruzioni delle cisterne per contenerla. — J. Papsch et C. Tip. del Lloyd austriaco — Trieste 1848. (Vergriffen.)
2. Ferretti e Dandolo, breve vagguglio sopra i pozzi del lido e le cisterne di Venezia — Venezia 1796.
3. Archimede Sacchi „Le abitazioni“ 1873.
4. W. M. Rankine — deutsch bearbeitet von Fr. Kreuter —
5. Lieferung 1880.
5. Förster's Bauzeitung, Jahrgang 1836 — Cisternen in Venedig.
6. Förster's Bauzeitung, Jahrgang 1864 — Cisternenbau von G. Grimaud de Caux. (Paris 1863.)
7. Abbé Paramelle, Quellenkunde. — Zweite verbesserte Auflage. Leipzig. J. J. Weber 1865.
8. L. Franzius und Ed. Sonne. Der Wasserbau — Leipzig 1879.

zu bemessen. Nachdem viele Dorfgemeinden im öden Karstgebiete eine Wasserdotation von 70 Liter pro Tag und Familie (ohne Rücksicht auf Kopffzahl und Viehstand) haben und dieses Tages-Erforderniss bei längerer Dauer der Trockenheit wohl auf die Hälfte reducirt zu werden pflegt, so geben diese Zahlen genügenden Anhaltspunkt, um beispielsweise die Versorgung einer Bahnwächter-Familie mit Wasser durchzuführen.

Es ergibt sich hiernach für die Projectsverfassung folgender Vorgang: Man trage (Fig. 1) die pro Monat sich aufspeichernden Wasserquantitäten als Ordinaten auf, verbinde die Endpunkte derselben, wodurch eine Zeit-Productionslinie $A V$ erhalten wird.

Fig. 1.



In gleicher Weise stellt man graphisch diejenige Curve dar, welche die Zeit-Consumkörper angibt; diese negativ gedachte und positiv aufgetragene Linie sei $A C$.

Daraus wird sofort klar, dass die Ordinaten $c_1 v_1, c_2 v_2, \dots, c_{12} v_{12}$ die arithmetischen Differenzen zwischen Production und Consum in Körpermaass, das sind jene Volumina, ausdrücken, welche pro Ende des betreffenden Zeit-Intervalles die relative Ueberproduction, beziehentlich den relativen Wasserabgang angeben. Trägt man diese Grössen als neue Ordinaten von der Abscissenachse auf, so verzeichnet die so entstandene neue Linie $A D$ die Zeit-Vorrathskörper, welche in der Cisterne vorfindlich sein werden, insoferne der im Voraus geregelte Haushalt striete eingehalten wurde.

Fände man bei dieser Entwicklung des Graphikons, dass in der Linie „ $A D$ “ negative Vorräthe (Abgang) sich herausstellen, so wird man eine erweiterte Auffangfläche annehmen müssen.

Beginnt die Wasserzehrung bei vollgefüllter Cisterne, so regelt sich die Wasserhaushaltung in der aus der Darstellung auf Tafel A hervorgehenden Art und Weise.

Damit andernfalls die Wasserzehrung bei trocken gelegter Cisterne im anfänglichen Betrieb der Cisterne möglich werde, muss für einen Wasservorrath, allenfalls durch Anfuhr, bis zum ersten Niederschlage gesorgt werden. *)

Für die Aufnahme dieses Anfangsvorrathes eignet sich die als Pyramiden- oder Kegelstutz angegebene Bodenform der Cisterne ganz besonders, weil selbe dazu angethan

*) Man hüte sich, namentlich für Eisenbahnzwecke, auf eine Wasseranfuhr zu reflectiren, welche beispielsweise zu Kriegszeiten die Leistungsfähigkeit ganzer Linien beeinträchtigen müsste.

ist, alles Wasser dem Schöpfemer zuzuführen. Zu berücksichtigen ist ferner, dass ein, pro Ende des Cisternen-Betriebsjahres sich ergebender Wasservorrath für die Zwecke der jährlichen Reinigung der Cisterne höchst werthvoll wird. Der sonach erforderliche Wasserboden ist in Fig. 1 durch die Linie $a b c d$ versinnlicht worden.

Die grösste Ordinate der Zeit-Vorrathslinie, d. i. der Aufspeicherung $A D$ (sie ist die Summation aller Vorräthe) drückt aus, welche Capacität die Cisterne erhalten muss, um das grösste Reserve-Wasserquantum des dem Graphikon zu Grunde liegenden, ausnehmend regenarmen Jahres (Minimal-Regenjahres) in sich aufzunehmen.

Die Fassungskraft der Cisterne wird im Graphikon folgerichtig durch eine Horizontale ausgedrückt. Es bezeichne die Horizontale $H H_1$ in der Fig. 1 die in Kubik-Metern gemessene Fassungskraft der Cisterne.

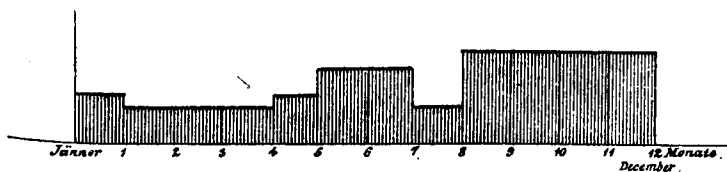
Wäre die Linie $H H_1$ tiefer als die grösste Ordinate der $A D$ es vorzeichnet, dann wäre die Capacität der Cisterne nicht hinreichend, um alle Niederschläge des Minimal-Regenjahres aufzuspeichern. Bei dessen Regenfluth müsste das Wasser aus dem Cisternenraume ungenützt wieder abfliessen.

Stünde die $H H_1$ höher als die grösste Ordinate der $A D$ es andeutet, so würde dies eine übergrosse Cisternen-Capacität bedeuten, folgerichtig eine unwirtschaftliche Anlage voraussetzen, denn in einem Minimal-Regenjahr könnte, bei gegebener Auffangfläche, die Cisterne gar nicht gefüllt werden.

So oft die Zeit-Vorrathslinie sich der Abscissenachse nähert, naht die Gefahr der Entleerung. Man sei daher bedacht, den Beginn des Betriebsjahres für die Cisterne stets auf die Zeit einer Wasserfluth zu verlegen und solche nothdrohende Nullpunkte thunlichst zu vermindern.

Fig. 2 gibt die aus vieljährigen Messungen sich ergebende schematische Darstellung der Regenwahrscheinlichkeiten für eine bestimmte Beobachtungsstation.

Fig. 2.



Es erhellt daraus, dass der Monat Mai besser als jeder vorhergehende als Ausgangspunkt für das Cisternen-Betriebsjahr sich eignet und lassen sich sonach folgende drei Regeln aufstellen:

1. Darf (im Regengürtel des gegebenen Ortes) das Consum- mit dem astronomischen Jahr nicht zusammenfallen, weil die Monate Jänner bis Mai wasserarm sind.

2. Wähle man zum Ausgangspunkte des Consumjahres stets den vortheilhaftest gelegenen Zeitpunkt von periodisch wiederkehrenden Wasserfluthen, also hier die Sommer- oder Herbstmonate.

3. Der gesuchte, vortheilhafteste Ausgangspunkt des Consumjahres wird versuchsweise am Graphikon gefunden und liegt derselbe am Beginne jener Serie von Wasserfluth-Monaten, deren Ueberproduction den Bedarf für die relativ längste Dauer der Trockenheit deckt.

Es bliebe demnach zu untersuchen, ob die Verlegung des Ausgangspunktes auf September eine ökonomischere Anlage als jene mit Maibeginn ergeben würde.

Wird dagegen der Nullpunkt des Consumjahres an ungeeigneter Stelle gewählt, so kann es geschehen, dass trotz rationaler Anlage der Cisterne die Wassernoth längere Zeit hindurch währt, wohl auch ein Wassermangel während des ganzen Betriebsjahres anhält, das heisst: „Das Unverständniss des Consumenten kann die beste Cisternen-Anlage in Misscredit bringen.“ Dagegen ist bei strenger Einhaltung einer normirten Consumordnung, selbst im Minimal-Regenjahr der Wasserhaushalt möglich und dieselbe Cisternen-Anlage wird dann in wasserreichen oder Fluthregen Jahren um so zweckdienlicher wirken. Der reichlichere Zufluss wird dazu dienen, die Dotation des Consumenten zu steigern und den Wasservorrath im Behälter des Oefteren zu erneuern.

Franzius und E. Sonne sagen ganz treffend: „Im unbegrenzten Wasserbezuge liegt die Gefahr der Verschwendung!“ Das Correctivmittel dieser Gefahrdrohung liegt in der Selbstcontrole an der Hand des nun bekannten Graphikons und einer kubirten Scala.

Rationelle Anlage.

Wir sind nun ausgerüstet, um an die Beantwortung der Frage zu schreiten: Wie werden Cisternen rationell angelegt?

Hiezu dient das Graphikon Tafel A. Der Aufbau des Graphikons geschieht in nachstehender Reihenfolge:

1. Man bestimmt die Zeit-Regenhöhelinie für das Minimal-Regenjahr (H) Tabelle A, sodann
2. die auf 70 % verringerte Zeit-Regenhöhelinie für das Minimal-Regenjahr (h) Tabelle B und
3. den Tagesbedarf $b \frac{\min.}{\max.}$ und ermittelt dann den Jahresbedarf $B \frac{\min.}{\max.}$
4. Man berechnet hiernach die Grösse der Auffangfläche annähernd aus der Relation $F = \frac{B \frac{\min.}{\max.}}{h}$ und bestimmt einen Mittelwerth aus beiden in runder Zahl; man mache alsdann

5. die Berechnung der Wasserkörper aus der Relation $V = Fh$, für jedes Zeit-Intervall des Jahres (24 Stunden) Tabelle B, und trage diese auf; weiters geschehe

6. die Aufsuchung, resp. Eintragung der stetig gleichmässigen oder ungleichmässigen Zeit-Consumlinie und die Markirung derselben, woraus sich

7. das Graphikon für die Zeit-Vorrathslinie im Cisternen-Innern und

8. die Bestimmung der Minimal-Fassungskraft der Cisternen ergibt.

Ueberall dort, wo versiegende Quellwässer zu Gebote stehen, können dieselben mit Vorthail in die Cisterne geleitet oder, was gleichbedeutend ist, dazu benützt werden, Consumersparnisse in den künstlichen Vorräthen einzuführen.

Dieses Moment wird hauptsächlich darum betont, weil es selten Orte gibt, wo nicht über kurz oder lang nach ergiebigen Niederschlägen geniessbares Wasser aufgefangen werden könnte und weil der Consument eigens instruiert

und zumeist darauf hingewiesen werden muss, damit er der eigenen Sache nutzbringend werde.

Der theoretische Theil der vorgesteckten Aufgabe ist hiemit erschöpft: Wird danach eine bauliche Anlage zum Ansammeln, Filtriren und Aufspeichern von Regenwasser*) auf

*) Von den wässerigen Meteoriten, als: Regen, Schnee, Hagelschlossen, Reif, Nebel, Thau wird hier nur der Regen für die Aufspeicherung in Betracht gezogen. Eine künstliche Aufspeicherung von Schnee und Hagelschlossen kann eine Quelle für Nutzwasser abgeben, doch können derartige Beschaffungen von Trinkwasser, als sanitätswidrig, nicht angerathen werden.

Graphische Berechnung der Profil-Dimensionen wasserführender Gräben auf Grundlage der Geschwindigkeits-Formel von Darcy und Bazin.

Ein Beitrag zur Theorie der Be- und Entwässerungs-Technik, von J. Lhota, Assistent an der k. k. technischen Hochschule zu Prag.
(Mit Zeichnung auf Blatt 10.)

Bei Be- und Entwässerungs-Anlagen ist die richtige Vorausbestimmung der Profil-Dimensionen der Haupt-Zu- und Ableitungsgräben, sowie der grösseren Wässerungsgräben von eminenter Wichtigkeit, da einerseits ein grösser oder kleiner als nothwendig erstelltes Profil nie in der gewünschten, gehörigen Weise functionirt, anderseits aber durch fehlerhafte Dispositionen immer der Kostenpunkt unangenehm berührt wird.

Eine auf das sogenannte praktische Gefühl gestützte Dimensionirung jener Gräben wäre, da sie leicht zu empfindlichen Missgriffen führt, durchaus nicht am Platze; es ist vielmehr eine dem heutigen Stande der hydrotechnischen Wissenschaft entsprechende analytische oder graphische Ausmittlung geboten und nothwendig.

Rechnungen dieser Art stützen sich bekanntlich auf die von ausgezeichneten Hydrotekten auf Grundlage umfassender Versuche entwickelten analytischen Ausdrücke für die mittlere Profil-Geschwindigkeit und führen natürlich, je nachdem diese oder jene Geschwindigkeits-Formel zur Anwendung gelangt, zu verschiedenen Resultaten.

Vielseitig werden jetzt für die oben genannten Zwecke hauptsächlich die von Ganguillet und Kutter, von Darcy und Bazin aufgestellten Geschwindigkeits-Formeln empfohlen und angewendet, da sie für die Praxis brauchbare Resultate liefern.*)

Doch bei aller Einfachheit der hierbei auszuführenden Rechnungs-Operationen, welche übrigens die Benützung von Tabellenwerken und in ihrem Gefolge die Anwendung von lästigen Interpolationen nothwendig machen, gewährt der rein analytische Vorgang nie die wünschenswerthe Uebersicht über die in's Spiel kommenden Factoren.

Graphische Darstellungen bieten in dieser Hinsicht gegenüber der analytisch rechnenden Methode bedeutende Vortheile und haben auch für die oben bezeichneten Zwecke eine in der Praxis mehr als ausreichende Genauigkeit.

Die folgenden Zeilen sind nun dazu bestimmt, zu zeigen, wie bei Grabenanlagen, die hauptsächlich zu Be- oder Entwässerungs-Zwecken ausgeführt werden, die Resultate nothwendig werdender Rechnungen aus einfachen graphischen Darstellungen — bezogen auf rechtwinklige Coordinaten — schnell und übersichtlich gewonnen werden können. Dabei soll die Darcy-Bazin'sche Geschwindigkeits-Formel auf Grundlage dienen und zwar namentlich aus zwei Gründen: 1. Ist dieselbe das Resultat von Versuchen, welche in regelmässigen, künstlichen Gerinnen von kleineren Dimensionen und grösseren Sohlengefällen ausgeführt wurden, also gerade solchen, wie sie ja auch bei Be- und Entwässerungs-Anlagen vorkommen.

*) Ausführliches über diesen Gegenstand ist im neuen Werke von W. B. Kutter: „Die neuen Formeln für die Bewegung des Wassers in Canälen und regelmässigen Flussstrecken“ enthalten.

Grund meteorologischer Messungen derart geschaffen, dass dieselbe bei Einhaltung einer normirten Consumordnung in jedem Zeit-Intervalle des Minimal-Regenjahres — bei Vermeidung entbehrlicher Reserve-Quantitäten — dem Consumenten Deckung verschafft, dann ist eine ökonomisch und baulich richtige, zugleich eine rationelle Wasserbeschaffungsanlage.

Für die constructive Ausführung solcher Cisternen-Anlagen sollen in einer späteren Mittheilung einige bewährte Typen gegeben werden.

2. Ist selbe auch vermöge ihrer Construction einer einfachen graphischen Behandlung zugänglich.*)

Die Bestimmung der Grösse der Profilfläche eines in vorliegendem Materiale zu erstellenden Grabens von gegebenem Sohlengefälle, durch welche in der Secunde das Wasserquantum Q hindurchgeführt werden soll, erfolgt bekanntlich aus der Gleichung:

$$F = \frac{Q}{v} \quad \dots \quad (1)$$

in der v die mittlere Geschwindigkeit des im Graben fliessenden Wassers bezeichnet.

Die einer gegebenen Quantität Q vollkommen angepasste Dimensionirung der Profilfläche F hängt demnach lediglich von einer richtigen Vorausbestimmung der mittleren Geschwindigkeit v ab; ist diese durch Verhältnisse von vornherein bedingt, so können andere, mit ihr in mathematischem Zusammenhange stehende Grössen (hauptsächlich das Gefälle) mit bestimmten Beträgen rechnungsmässig constatirt werden.

Der allgemeine Ausdruck für die mittlere Profil-Geschwindigkeit „ v “ lautet nach Darcy und Bazin

$$v = \sqrt{\frac{RJ}{\alpha + \frac{\beta}{R}}} \quad \dots \quad (2)$$

worin J das relative Sohlengefälle, R den sogenannten Profilradius

$$= \frac{\text{Profilfläche}}{\text{Benetzt. Umfang}}$$

und α , β zwei vom Rauheitsgrade des Grabenmaterials abhängige Coefficienten bedeuten.

Betrachtet man die vorstehenden Gleichungen, so ersieht man zunächst aus (2), dass eine directe numerische Bestimmung von v nur dann möglich ist, wenn ausser dem Gefälle auch der Profilradius, oder nachdem dieser eine Function der Profil- Dimensionen ist, die Profilfläche selbst bekannt ist; wollte man aber aus beiden als simultan zu betrachtenden Gleichungen bei bekannten Q und J die Profilfläche F berechnen, so müsste vordem R als Function von F ausgedrückt, und dann durch Einsetzung des Werthes für v in (1) eine Relation geschaffen werden, in der blos F als Unbekannte auftritt.

Diesen Vorgang wollen wir auch zur Lösung vorstehender Aufgabe in der Folge einschlagen, ohne jedoch dabei die Ge-

*) Im selben Maasse ist es auch die ältere, durch Umformung der Bazin'schen Formeln hervorgegangene von Ganguillet und Kutter. Die neue allgemeine Kutter'sche Formel eignet sich ihrer complicirten Construction halber, weniger hierzu. Eine graphische Tafel, betreffend den Coefficienten c dieser Formel, hat Kutter 1869, Zeitschr. d. österr. Ing.- und Arch.-Vereines entworfen.

schwindigkeit v ausser Acht zu lassen, deren Kenntniss bei allen Grabenanlagen aus praktischen Rücksichten ungemein wichtig erscheint. Wir beschränken uns bei den folgenden Betrachtungen vor der Hand auf das theoretisch günstigste, also unter sonst gleichen Umständen den kleinsten Widerstand der Bewegung des Wassers entgegengesetzte Trapezprofil und führen dann am Schlusse kurz die Modification des Verfahrens vor, für den Fall, dass man aus verschiedenen praktischen Gründen und Ursachen von jenem Profil abzugehen sich genöthigt sieht.

1. Profilfläche und benetzter Umfang.

Fig. 1 stelle das in der Praxis übliche trapezförmige Grabenprofil von der Tiefe t , der Sohlenbreite b und einer Böschungslage der Wandungen von φ^0 zur Horizontalen vor. Die Flächengrösse ist durch die Relation

$$F = (b + t \cotg \varphi) t \quad (3)$$

gegeben.

Repräsentirt $A B C D$ auch das Wasserprofil (das in Wirklichkeit immer kleiner sein muss, als das Grabenprofil) d. h. stellen wir uns vor, der Wasserspiegel reiche bis $A B$, so ist $A D + D C + C B$ der benetzte Umfang und erscheint ausgedrückt durch

$$U = b + 2t \operatorname{cosec} \varphi \quad (4)$$

Das theoretisch günstigste Profil für die Wasser-Zu- und Abfuhr ist jenes, durch welches bei gleichbleibendem F unter sonst gleichen Umständen das möglichst grösste

Wasserquantum hindurchgeführt werden kann, dessen benetzter Umfang mithin ein Minimum wird, indem sich dann der Bewegungs-Widerstand auf das kleinste Maass reducirt und die Geschwindigkeit des fliessenden Wassers das Maximum erreicht. Die Bedingung, welche diese Forderung erfüllt, resultirt aus der Nullsetzung des ersten Differential-Quotienten von U nach t als der unabhängigen Veränderlichen (F und φ als constant betrachtet),

wobei $\frac{db}{dt}$ aus Gleichung (3) zu bestimmen ist; sie lautet:

$$b = 2t (\operatorname{cosec} \varphi - \cotg \varphi)$$

oder nach einigen kleinen Transformationen

$$b = 2t \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} \quad (5)$$

Dieser Relation entspricht eine einfache geometrische Beziehung, die darin ihren Ausdruck hat, dass der benetzte Umfang eines darnach construirten Profils einen Tangentenzug an den Kreis bildet, dessen Centrum der Halbirungspunkt der längeren Trapezparallelen ist. (Siehe Fig. 2.)

Diese geometrische Beziehung ist übrigens in der Natur der Sache begründet. Der Halbkreis repräsentirt ja das absolut günstigste Profil und wird nur wegen den sich der praktischen Ausführung entgegenstellenden Hindernissen nicht angewendet.

Ein polygonales Profil wird sohin dann die günstigste Form erhalten, wenn sich dessen benetzter Umfang dem Halbkreise möglichst anschmiegt, also einen Tangentenzug an diesen bildet. Hiedurch ist auch die Construction des günstigsten Profils gegeben, sobald ausser φ noch eine von den beiden Grössen b , t bekannt ist.

Fig. 1.

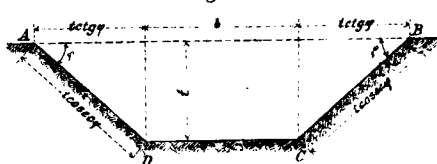
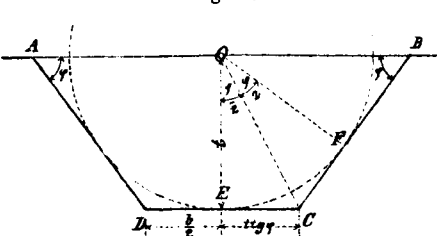


Fig. 2.



Unter Belassung einer und derselben Tiefe, resultiren für die Breite bei verschiedenen Böschungslagen verschiedene Werthe, die alle aus Fig. 2 durch Variation von φ graphisch hervorgehen, wie z. B. für $\varphi = 90^0$, $b = 2t$, $\varphi = 60^0$, $b = t$ u. s. w., b nimmt also mit dem Kleinerwerden des Böschungswinkels der Grabenwandungen ab. Der benetzte Umfang jedoch nimmt mit b nicht gleichzeitig continuirlich ab, sondern nur von $\varphi = 90^0$ bis $\varphi = 60^0$, wo er sein Minimum ($= 3t$) erreicht und wächst von da ab ununterbrochen. Auch dieses Verhalten ist einfach aus dem Umstande zu erklären, dass unter allen Profilen jenes für $\varphi = 60^0$ als Hälfte des regulären Sechseits dem Halbkreise am nächsten kommt.

Dieses wäre also vor allen anderen Trapezprofilen als das günstigste zunächst anzuwenden, doch kann selbes nur in seltenen Fällen zur Ausführung gebracht werden.

Die Wahl der Böschungslage ist überhaupt eine mehr oder weniger bedingte. Um an Grund und Boden zu sparen, wäre es wohl am zweckmässigsten, die Grabenwandungen vertical herzustellen.

Bei geringen Tiefen und mässiger Geschwindigkeit ist mit Ausnahme des Sandbodens fast in jedem anderen Materiale eine solche Ausführung möglich. In der That werden auch die Rieselrinnen des Rücken- und Hangbaues, sowie kleinere, untergeordnete Gräben, die kleine Wasserquantitäten führen, lothrecht in den Boden eingeschnitten.

Dünkelberg*) gibt die Tiefe von 0.15 m als Grenze an, bis zu welcher Gräben und Rinnen mit verticalen Wänden ausgeführt werden können, doch wird wohl dieses Maass je nach der Bodenart, ohne nachtheilige Folgen befürchten zu müssen, überschritten werden können. Uebrigens kann in Bedenken erregenden Fällen entweder eine einfache Rasenabdeckung zur Anwendung kommen, oder von der lothrechten Grabenwandlage etwas abgewichen werden.

Mit wachsender Tiefe und bei grösseren Wassermengen stellen sich einer derartigen Ausführung jedoch Bedenken entgegen, jedenfalls ist aber zu bemerken, dass die Böschungslage der Wandungen durchaus nicht willkürlich variirt werden kann, sondern nur innerhalb gewisser Grenzen wählbar ist, die einerseits durch die Beschaffenheit des Bodens (die Cohärenz des Erdreichs), andererseits durch Grabentiefe, Wassermenge und Geschwindigkeit näher bestimmt ist.

Dünkelberg gibt in seinem „Wiesenbau“ diesbezüglich folgende Daten an:

| | ist eine | $\frac{1}{4}$ —1fache Böschung |
|-----------------------|-------------------|--------------------------------|
| Im Thonboden | 1—2 | „ |
| „ Lehm Boden | 1—2 | „ |
| „ Sandboden | $1\frac{1}{2}$ —3 | „ |
| „ Torf- und Moorboden | $1\frac{1}{2}$ —3 | „ |

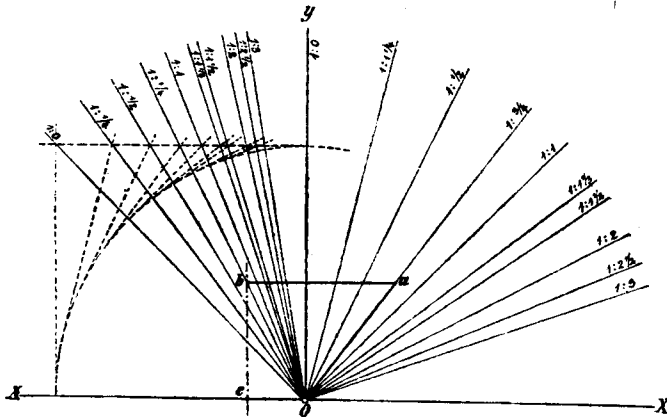
mit zunehmender Tiefe zu empfehlen.

Nach diesen Bemerkungen wenden wir uns wieder der Gleichung (5) zu. Die in Fig. 2 enthaltene, die Bedingung (5) ausdrückende geometrische Relation kann nun zur Construction einer graphischen Tafel benützt werden, aus welcher bei gegebener Tiefe die entsprechende Sohlenbreite und umgekehrt für die üblichen Böschungsverhältnisse entnommen werden kann. Eine solche ist in Fig. 3 für die meist vorkommenden Böschungsverhältnisse entworfen, und besteht aus zwei Strahlenbüscheln. Rechts der Ordinatenachse ist „der Büschel der Böschungslagen“, der links dieser Achse liegende Büschel ist der geometrische Repräsentant von Gleichung (5); seine Elemente projectiren nämlich die Punktreihe, welche der zum Büschel der Böschungslagen parallele Tangentenbüschel hinsichtlich eines aus O mit beliebigem Radius beschriebenen Kreises auf der zur Abscissenachse parallelen Tangente fixirt und schliessen daher mit jener Achse (OY) die halben Böschungswinkel ein. Jeder in einem bestimmten Maassstabe als Ordinate, beim bezüglichen mit der vorliegenden Böschungszahl bezeichneten Strahle, aufgetragenen Tiefe, entspricht die im selben Maassstabe abzu-

*) Dr. F. W. Dünkelberg: „Der Wiesenbau in seinen landwirthschaftlichen und technischen Grundzügen“, 2. Auflage, Seite 75.

lesende halbe günstigste Sohlenbreite. Mit Hinzunahme des im rechtsseitigen Büschel gleichnamig bezeichneten Strahls hat man sofort das halbe Profil im angenommenen Maassstabe vor sich. (Siehe Fig. 3 *O a b c*.)

Fig. 3.



Kehren wir nun wieder zu den Gleichungen ad (3) und (4) zurück. Dieselben nehmen mit Rücksicht auf die Gleichung (5) die Gestalt an:

$$F = t^2 \left\{ 2 \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} + \cotg \varphi \right\}$$

oder setzt man

$$2 \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} + \cotg \varphi = a$$

$$F = at^2 \quad \dots \dots \dots (6)$$

und

$$U = 2t \left(\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} + \operatorname{cosec} \varphi \right)$$

oder wenn

$$2 \left(\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} + \operatorname{cosec} \varphi \right) = c$$

gesetzt wird

$$U = ct \quad \dots \dots \dots (7)$$

Behufs weiterer Vereinfachung der Rechnung erweist es sich als zweckmässig, die Ausdrücke für die Factoren a und C derart zu transformiren, dass sie nur eine trigonometrische Function z. B. $\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}$ oder $\operatorname{tg} \varphi$ enthalten.

Man findet

$$a = \frac{3 \operatorname{tg}^2 \frac{\varphi}{2} + 1}{2 \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}} \quad \dots \dots \dots (8)$$

oder

$$a = \frac{2 \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi} - 1}{\operatorname{tg} \varphi} \quad \dots \dots \dots (8')$$

desgleichen

$$c = \frac{3 \operatorname{tg}^2 \frac{\varphi}{2} + 1}{\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}} \quad \dots \dots \dots (9)$$

mithin die einfache Beziehung

$$\frac{a}{c} = \frac{1}{2} \quad \dots \dots \dots (10)$$

2. Profilradius.

Der Quotient aus Profilfläche durch benetzten Umfang, der nach Dubaut sogenannte mittlere Radius der Profilfläche oder kurz Profilradius ist in Anbetracht der Gleichungen (6), (7) und (10) nur eine Function der Wassertiefe und erscheint

völlig unabhängig von der Böschungslage der Wände; es ist hier

$$R = \frac{1}{2} t \quad \dots \dots \dots (11)$$

Durch dieses Resultat wird die Darcy-Bazin'sche Geschwindigkeits-Formel in hohem Maasse zu einfachen graphischen Darstellungen geeignet.

3. Mittlere Geschwindigkeit.

Der weiteren Entwicklung wollen wir, wie schon am Eingange hervorgehoben wurde, die Geschwindigkeits-Formel von Darcy-Bazin zu Grunde legen.

Nach dieser ist die mittlere Geschwindigkeit v mit welcher eine Wassermenge Q , durch ein Grabenprofil von der Fläche F und dem benetzten Umfange U , also dem Profilradius $R = \frac{F}{U}$ beim relativen Sohlengefälle J , in der Secunde hindurchströmt, durch den Ausdruck gegeben:

$$v = \sqrt{\frac{RJ}{a + \frac{\beta}{R}}} \quad \text{oder} \quad v = R \sqrt{\frac{J}{aR + \beta}}$$

Darin sind a und β numerische, dem Rauheitsgrade des Grabenmaterials proportionale Coëfficienten, welche von den oben genannten Hydraulikern aus einer grossen Anzahl von Versuchen abgeleitet und für vier verschiedene Kategorien von Materialien mit nachstehenden Beträgen gefunden worden sind:

| Wand- und Sohlenmaterialie | a | β |
|--|---------|-----------|
| I. Sehr ebene Wände mit Cement glatt geputzt oder gehobelte Holzverkleidung..... | 0.00015 | 0.0000045 |
| II. Ebene Wände, behauene Steine, Bohlenwände, Mauerputz..... | 0.00019 | 0.0000133 |
| III. Wenig ebene Wände namentlich Mauerwerk..... | 0.00024 | 0.000060 |
| IV. Erdwände..... | 0.00028 | 0.000350 |

Führen wir in die zuletzt notirte Form der Geschwindigkeits-Formel den in der Gleichung (11) verzeichneten Werth für R ein, so ist jetzt

$$v = \frac{t}{2} \sqrt{\frac{J}{a \cdot \frac{t}{2} + \beta}} \quad \dots \dots \dots (12)$$

Bevor wir zur graphischen Darstellung der Gleichung (12) übergehen, wollen wir, vom praktischen Standpunkte ausgehend, einige Bemerkungen hinsichtlich der Grösse von v vorausschicken.

Eine Variation der Geschwindigkeit ist, wie aus Gleichung (12) hervorgeht, nach zwei Seiten möglich: Erstens durch Variation des Gefälles, zweitens durch Aenderung der Wassertiefe, sie ist aber nur zulässig innerhalb gewisser Grenzen, welche durch die Forderung bestimmt werden, dass das Grabenprofil in seinen Dimensionen erhalten bleiben soll.

Es wird daher eine Anlage angestrebt und durchgeführt werden müssen, bei der die mittlere Geschwindigkeit des fliessenden Wassers nie unter ein gewisses Minimum sinken kann, damit nicht die mitgeführten Sinkstoffe in den Graben abgelagert werden, dessen Profil verengen und Unregelmässigkeiten in den Gefällsverhältnissen bewirken. Perels bezeichnet in seinem „Handbuch des landwirthschaftlichen Wasserbaues“ für den Fall, dass das Wasser leichten Schlamm führt, 0.20 m pro Secunde als die Minimal-Geschwindigkeit, und für den Fall, dass ein Absetzen von Sand zu gewärtigen ist, 0.45 m pro Secunde.

Natürlich beziehen sich diese Daten auf die Hauptzuleitungs- und grösseren Gräben. Enthält das Wasser keine mechanisch

beigemengten Stoffe oder nur in einer ganz geringen Menge (wie Quellwasser, Drainwasser), so ist ein Herabsetzen der Geschwindigkeit bis zur äussersten Grenze ohne nachtheilige Folgen.

Noch misslicher als die Verengung des Profils ist bei bedeutendem Sohlengefälle die in Folge einer zu gross resultirenden Geschwindigkeit des fliessenden Wassers entstandene Erweiterung, Vergrösserung des Profils. Der Umstand, dass ein solches Profil eine grössere als erforderlich erkannte Wassermenge, wenn diese überhaupt zu Gebote steht, fortleitet, wäre schliesslich bei Bewässerungsanlagen nicht als Missstand anzusehen. Die Erweiterung des Profils ist aber gleichbedeutend mit der Zerstörung von Sohle und Wänden, sowie des zunächstliegenden culturfähigen Bodens.

Das Auftreten der oben erwähnten Unregelmässigkeiten in Gefälls- und Höhenverhältnissen der Grabensohle kann in diesem Falle in einem weit grösseren Maasse stattfinden und bewirkt — wenn auch nicht eine völlige Aufhebung der Function der Grabenanlage — doch eine sehr nachtheilige Schwächung derselben. Ein derartig erweiterter, vertiefter Graben kann gewöhnlich nicht mehr gut entleert werden und die Cultur des umliegenden Bodens leidet dann an den Nachtheilen einer allmähigen Versumpfung, wenn nicht rasch Abhilfe geschaffen wird. Letztere wird also zur unabweislichen Nothwendigkeit und besteht zunächst in der Reparatur des Grabens; einer Wiederholung ähnlicher Missstände wird aber nur durch eine künstliche Befestigung von Wand und Sohle Einhalt gethan, welche dem Wasserangriff hinlänglichen Widerstand leistet. Dass eine derartige Herstellung der geregelten Verhältnisse Kosten verursacht, die mitunter jener der Neuerstellung überschreiten können, ist leicht einzusehen.

Daher empfiehlt Vincent*) bei Grabenanlagen, die grosse Wassermassen führen sollen, dahin zu wirken, dass die mittlere Geschwindigkeit den Werth von 0.63 m pro Secunde nicht übersteige. Diese Zahl ist offenbar nicht als absolutes Maass für alle Fälle anzusehen, da die Beschaffenheit des Grabenmaterials hierin die erste Rolle spielt; es wird in einem steinigen oder felsigen Boden selbstredend auch bei grossen Wassermengen eine weitaus grössere Geschwindigkeit als unnachtheilig zulässig sein, während für Thon- oder Sandboden jene Grenze eine zu hoch gegriffene wäre. Mit Rücksicht auf die Natur des Bodens haben Dubaut und Morin für den Fall, dass eine gute Erhaltung von Sohle und Seitenwänden, mit Ausschluss einer künstlichen Befestigung, gesichert bleiben soll, folgende Sohlen-Geschwindigkeits-Maximen aus Versuchen für verschiedene Materialien constatirt.

| M a t e r i a l e | Maximal-Geschwindigkeiten | |
|----------------------------------|---------------------------|--|
| | an der Sohle | entsprechende mittlere Geschwindigkeit |
| | m | |
| Lockere Erde, erweichte br. Erde | 0.076 | 0.1 |
| Fetter Thon, weicher Lehm.... | 0.152 | 0.2 |
| Sand | 0.305 | 0.4 |
| Kies | 0.609 | 0.8 |
| Kieselsteine..... | 0.914 | 1.2 |
| Eckige Steine..... | 1.220 | 1.7 |
| Schiefer und Conglomerat..... | 1.520 | 2.0 |
| Geschichteter Fels..... | 1.840 | 2.5 |
| Harter Fels..... | 3.050 | 4.0 |

Aus dem bisher Vorgeführten erhellt die Nothwendigkeit, dahinzuwirken, dass die Geschwindigkeit in concreten Fällen innerhalb der erfahrungsmässig zulässigen Grenzen bleibe. — Man hat dies fast immer durch entsprechende Wahl des Graben-gefälles in der Hand.

*) L. Vincent: „Der rationelle Wiesenbau, dessen Theorie und Praxis“. 8. Auflage, Seite 86.

Letzteres wird einerseits durch das Maass der zulässigen Stauung in dem Punkte, von dem die Ableitung des Wassers erfolgt, bestimmt, und andererseits durch die sonstigen relativen Höhenverhältnisse des Terrainabschnittes bedingt, durch welchen und bis zu welchem das Wasser zu leiten ist, hinsichtlich jener Stauhöhe, die immer gesetzlich normirt wird. Ist das aus diesen Verhältnissen sich ergebende Gefälle noch so bedeutend, dass mit Beibehaltung desselben eine allzu grosse, gefährliche Geschwindigkeit resultiren würde, so muss entweder eine künstliche Sicherung von Wänden und Sohle vorgenommen werden, sobald nämlich eine Abänderung des Gefälles nicht gut möglich ist, oder es wird das letztere auf einzelne bestimmte Punkte concentrirt, in dem man die Sohle in Absätzen anlegt. Solche besondere Stellen sind natürlich sorgfältig zu sichern.

Welchen Einfluss eine Abänderung des Gefälles auf die Geschwindigkeit hat, soll die nun folgende graphische Darstellung des Zusammenhanges beider näher anschaulich machen.

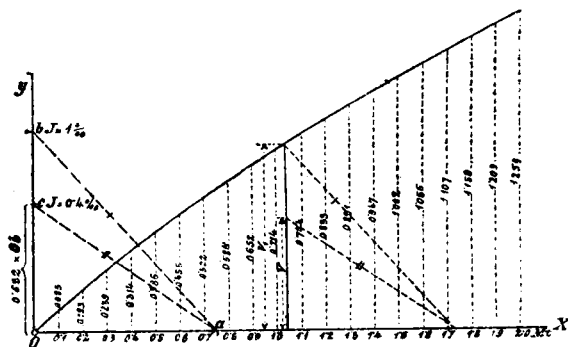
Wir haben vorzüglich Grabenanlagen vor Augen, die in Erde zu erstellen sind; für solche hat man nach der von Darcy und Bazin gegebenen Tabelle für die Coefficienten α β der Gleichung (12) die Specialwerthe $\alpha = 0.00028$, $\beta = 0.000350$ zu nehmen.

Setzen wir vorläufig ein bestimmtes relatives Gefälle z. B. $J = 0.001$ m ($10/100$) voraus, so nimmt Gleichung (12) mit Rücksicht auf die besonderen Werthe der Coefficienten α , β und dieses Gefälles die Form an:

$$v = \frac{0.015816 t}{\sqrt{0.00014 t + 0.00035}} \quad \dots (12')$$

Durch Auftragen der Werthe von t als Abscissen und jener von v als Ordinaten, kommt die in Fig. 4 dargestellte Geschwindigkeits-Curve als Bild der Relation (12') zum Vorschein. Jedem anderen $J \leq 10/100$ entspricht eine andere Geschwindigkeits-Curve und alle zusammen stehen mit einander in einem einfachen geometrischen Zusammenhange.

Fig. 4.
Geschwindigkeits-Curve für $J = 10/100$.



Dividirt man nämlich Gleichung (12) durch jene unter (12'), worin die Geschwindigkeit zum Unterschiede mit v_1 bezeichnet sein mag, so folgt

$$\frac{v}{v_1} = 31.623 \sqrt{J}$$

oder

$$v = 31.623 \sqrt{J} \cdot v_1 \quad \dots (13)$$

wonach aus jedem v der vorstehenden Curve Fig. 4 durch eine lineare Construction (mittels ähnlicher Dreiecke) das demselben t zukommende v der für eine andere bestimmte Annahme von J resultirenden Geschwindigkeits-Curve erhalten werden kann.

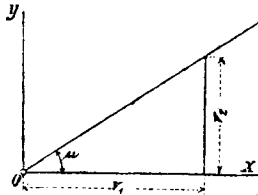
Der geometrische Repräsentant der Gleichung (12) ist sohin ein Curven-System von untereinander affinen Elementen, oder wie wir uns in der Folge stets ausdrücken wollen, ein affines Curven-System mit der Abscissen- als Affinitätsachse.

Die Construction einer graphischen Geschwindigkeits-Tabelle, behufs Benützung derselben zu praktischen Zwecken, ist nach den hier entwickelten Regeln trotz ihrer Einfachheit doch eine ziemlich mühevoll.

Es empfiehlt sich vielmehr folgender Vorgang:

Gleichung (13) wird, sobald man v_1 und v respective als Abscisse und Ordinate fungiren lässt und dem J einen bestimmten Werth beilegt, geometrisch durch eine aus dem Ursprunge O gehende Gerade dargestellt, deren Richtungsconstante $31.623 \sqrt{J}$ ist. Denkt man sich J variabel, so resultirt ein Strahlenbüschel als geometrischer Repräsentant von Gleichung (13) mit dem Träger O . Greifen wir irgend einen Strahl aus dem Büschel heraus, z. B. den, welcher für $J=0.4^{0/00}$ die Richtungsconstante $\operatorname{tg} \mu = 0.632$ (Fig. 5) hat, so bewirkt dieser die Reduction von v_1 auf v_2 , wobei v_1 die schon oben namhaft gemachte Bedeutung hat, v_2 aber den derselben Tiefe für $J=0.4^{0/00}$ zukommenden Geschwindigkeitswerth vorstellen soll. Wir wollen deshalb im

Fig. 5.



Nachstehenden jeden solchen Strahl einen Reduktionsstrahl oder Verhältnissstrahl, die Gesamtheit derselben einen Reduktionsbüschel oder Verhältnissbüschel nennen.

Der Strahl in Fig. 5 vertritt in Gemeinschaft mit der Curve Fig. 4 vollkommen die Geschwindigkeits-Curve für $J=0.4^{0/00}$. Um über die Geschwindigkeits-Verhältnisse, die bei den verschiedensten Gefällen und veränderlichen Wassertiefen vorkommen, vollständigen Aufschluss zu erhalten, braucht man nur den Reduktionsbüschel (Gleichung 13) zu construiren. Diesbezüglich folgen für die praktisch gebräuchlichen J die Werthe von $\operatorname{tg} \mu = 31.623 \sqrt{J}$.

| $J^{0/00} =$ | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 2.0 | 2.2 | 2.4 | 2.6 | 2.8 | 3 |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $31.623 \sqrt{J} =$ | 0.316 | 0.446 | 0.547 | 0.632 | 0.706 | 0.773 | 0.835 | 0.893 | 0.949 | 1.000 | 1.094 | 1.183 | 1.265 | 1.342 | 1.414 | 1.482 | 1.549 | 1.612 | 1.673 | 1.731 |

Diese Werthe von $\operatorname{tg} \mu$ können nun leicht zur Construction des entsprechenden Strahlenbüschels verwendet werden.

Hinsichtlich einer bequemen Benützung der vorgeführten Constructionen ist es zweckmässig, beide in ein Bild derart zu vereinen, dass ein Uebertragen von Strecken aus einer in die andere unnöthig wird. Es geschieht dies einfach dadurch, dass man die Geschwindigkeits-Curve für $J=1^{0/00}$ und den Reduktions- oder Verhältnissbüschel zu verschiedenen Seiten der Ordinatenachse situirt, wobei aber die Elemente des letzteren, ohne Rück-

sicht auf das Vorzeichen, die Richtungsconstanten $\frac{31.626 \sqrt{J}}{1}$ erhalten müssen, d. h. die Winkel μ mit der Ordinatenachse zu bilden haben, um nur durch Herüberziehen einer Parallelen zur Abscissenachse die einem und demselben t zukommenden v_1 und v für die Gefälle $1^{0/00}$ und J bestimmen zu können. (Siehe Fig. 7 auf Blatt 10.)

4. Wassermenge pro Secunde.

Die Wassermenge Q , die in der Secunde durch ein Profil von der Flächengrösse F mit der mittleren Geschwindigkeit v hindurchfliesst, ist gemäss der Gleichung (1)

$$Q = F \cdot v$$

| $t =$ | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 1.7 | 1.8 | 1.9 | 2.0 | Meter |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| $Q =$ | 1.7 | 13 | 43 | 100 | 193 | 328 | 501 | 743 | 1056 | 1428 | 1874 | 2398 | 3012 | 3710 | 4511 | 5402 | 6398 | 7510 | 8728 | 10072 | Liter |

Setzt man hier die in den Gleichungen (6) und (12) für F und v aufgestellten Werthe ein, so erhält man für Q den Ausdruck

$$Q = \frac{a}{2} t^3 \sqrt{\frac{J}{\frac{a}{2} t + \beta}} \dots \dots \dots (14)$$

Durch diese Formel ist man in den Stand gesetzt, zunächst jene Tiefe t zu finden, die ein Graben günstigsten Trapezprofils in einem bestimmten Punkte seiner Länge unbedingt haben muss, damit beim vorliegenden Gefälle ein als nothwendig erkannt Wasserquantum hindurchgeleitet werden könne. Die, der so gefundenen Tiefe entsprechende, zweckmässigste Sohlenbreite, bezw. das ganze Profil, kann dann aus Fig. 3 entnommen werden.

Wir wollen auch hier, analog dem schon Vorgeführten, Formel (14) graphisch zur Darstellung bringen, eine Wassermenge-Tafel construiren, aus der eine der Grössen Q , t , J , a entnommen werden kann, sobald die anderen bekannt sind.

Fasst man die Tiefen als Abscissen, die coëxistenten Wassermengen Q als Ordinaten auf, während a und J als zwei von einander völlig unabhängig veränderliche Parameter vorausgesetzt werden sollen, so ist der geometrische Repräsentant der Relation ad (14) eine einfach unendliche Menge von affinen Curven-Systemen mit der Abscissen- als gemeinschaftlichen Affinitätsachse und dem Ursprunge als Träger.

Selbstverständlich können nur jene Büschel Berücksichtigung finden, die für unsere besonderen Zwecke maassgebend sind.

Es genügt auch hier die directe Construction nur eines Elementes irgend eines Büschels, um dann irgend ein beliebiges geometrisch ableiten zu können.

Für Erdgräben und unter der vorläufigen Annahme von $J=1^{0/00}$ und $\operatorname{tg} \varphi = 1:1\frac{1}{2}$ (also laut Gleichung (8'), $a=2^*$), gelangen wir zur folgenden Gestalt der Gleichung (14):

$$Q_{1,2} = \frac{0.031623 t^3}{\sqrt{0.00014 t + 0.00035}} \dots \dots (14')$$

aus welcher nachstehende simultane Werthreihen resultiren und die in Fig. 6 vorgeführte Wasserquantitäten-Curve geben. — Die vorstehenden Werthe von Q lassen sich offenbar schneller mit Benützung der schon ausgemittelten Geschwindigkeitswerthe nach der Relation $Q = a t^2 v$ (hier $Q_{1,2} = 2 t^2 v_1$) finden.

Unter Belastung von $a=2$ und durch Variirung von J ergeben sich aus (14) unendlich viele Curven, welche ein affines System ausmachen, denn zwischen $Q_{1,2}$ und $Q_{J,2}$ (für dasselbe $a=2$ und ein beliebiges J) besteht offenbar der lineare Zusammenhang:

$$Q_{J,2} = 31.623 \cdot \sqrt{J} \cdot Q_{1,2} \dots \dots \dots (15)$$

Aber nicht nur diese Curven, welche bei constantem a aus der Veränderlichkeit von J entspringen, sondern auch jene, denen ein constantes J zu Grunde liegt und die aus der Veränderlichkeit von a hervorgehen, erscheinen als affine Bilder der Wasserquantitäten-Curve Fig. 6. Denn jede Curve des Systems (Gleichung 15) tritt wieder als Grundelement eines affinen Systems auf, welches analytisch durch die hinsichtlich der Q lineare Relation

*) Für $\operatorname{tg} \varphi = 1:0$ ($a=900$) hat der Factor a denselben einfachen Werth 2 und es könnten, ohne der Richtigkeit der Sache Eintrag zu thun, auch vertical geböschte Grabenwände vorausgesetzt werden; dieser Fall kommt jedoch bei Erdgräben von grösseren Tiefen nicht vor.

Tabelle der Werthe von v und Q für $J = 10/100$ und $\operatorname{tg} \alpha = 1:1\frac{1}{3}$ (ebenso 1:0).

| Tiefen in Metern | | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 1.7 | 1.8 | 1.9 | 2.0 | |
|---------------------------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|
| Kategorien des Grabenmaterials. | I. Kat. | 0.457 | 0.717 | 0.913 | 1.077 | 1.221 | 1.359 | 1.466 | 1.576 | 1.677 | 1.774 | 1.865 | 1.952 | 2.037 | 2.116 | 2.194 | 2.268 | 2.340 | 2.411 | 2.479 | 2.545 | v in Metern |
| | $\alpha = 0.000076$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Q in Litern |
| | $\beta = 0.0000045$ | 9 | 57 | 164 | 344 | 611 | 978 | 1486 | 2017 | 2716 | 3548 | 4513 | 5622 | 6884 | 8294 | 9873 | 11612 | 13525 | 15623 | 17898 | 20360 | |
| | II. Kat. | 0.331 | 0.556 | 0.734 | 0.884 | 1.014 | 1.132 | 1.240 | 1.339 | 1.432 | 1.520 | 1.603 | 1.682 | 1.758 | 1.831 | 1.901 | 1.969 | 2.034 | 2.098 | 2.159 | 2.219 | v |
| | $\alpha = 0.000095$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Q |
| | $\beta = 0.0000133$ | 7 | 45 | 131 | 273 | 507 | 815 | 1215 | 1715 | 2320 | 3040 | 3979 | 4840 | 5941 | 7178 | 8573 | 10081 | 11756 | 13594 | 15588 | 17752 | |
| | III. Kat. | 0.186 | 0.346 | 0.484 | 0.609 | 0.723 | 0.826 | 0.924 | 1.014 | 1.098 | 1.179 | 1.256 | 1.329 | 1.399 | 1.467 | 1.532 | 1.594 | 1.655 | 1.714 | 1.771 | 1.827 | v |
| | $\alpha = 0.00012$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Q |
| | $\beta = 0.00006$ | 4 | 28 | 86 | 194 | 361 | 594 | 906 | 1296 | 1779 | 2358 | 3039 | 3828 | 4728 | 5750 | 6894 | 8160 | 9566 | 11106 | 12786 | 14616 | |

Geschwindigkeiten und Wassermengen.

gezogene Parallele auf dem schon genannten Gefällsstrahl fixirt, sie beträgt $v = 0.52 m$.

2. Ein Graben soll pro Secunde eine Wassermenge von $250 l (= 0.25 m^3)$ mit einer mittleren Geschwindigkeit von $0.40 m$ führen, die Dossirung der Wände ist mit $1:\frac{3}{4}$ ($4:3$) als zweckmässig angenommen. Wie gross ist a) das Sohlengefälle, b) die Grabentiefe, also das Profil überhaupt.

a) Versuchsweise Lösung. Auf dem Strahl $1:\frac{3}{4}$ des Böschungsbüschels bestimme man den Punkt, dessen Ordinate $250 l$ gleichkommt und führe eine Parallele zur yy und eine ebensolche im Abstände von $0.40 m$ von O , projicire die Schnittpunkte beider mit einem vorläufig als wahrscheinlich richtig anzusehenden Gefällsstrahl parallel mit der xx auf die respectiven Curven der Q und v . Liegen die letzteren Punkte in derselben Ordinatengeraden, so ist die Aufgabe gelöst und es sind sowohl jenes als wahrscheinlich vorausgesetzte Gefälle, als auch die der gemeinschaftlichen Ordinatengeraden zukommende Tiefe die gesuchten.

Gewöhnlich wird man nicht mit dem ersten Versuche das gewünschte Endresultat erzielen, sondern wird vielmehr durch successive Wiederholung des Vorganges mit anderen Gefällsstrahlen schliesslich in den beiden Curven jene zwei Punkte finden, die die oben hervorgehobene Bedingung erfüllen.

Auf diese Weise ist gefunden worden: $t = 0.59 J = 0.80/100$.

b) Directe Lösung. Die Abscisse des Punktes auf dem Strahle $1:\frac{3}{4}$ ($4:3$) des Büschels II, dessen Ordinate $250 l$ beträgt, steht mit der Abscisse $0.40 m$ im selben Verhältniss, wie die correspondirenden Ordinaten der Wassermengen- und Geschwindigkeits-Curven für $J = 10/100$ und $\alpha = 2$, d. h. es hat

die Relation Geltung: $\frac{Q_{J, \frac{4}{3}}}{v_J} = \frac{Q_{1, 2}}{v_1}$, wie sich leicht aus den

früher entwickelten Gleichungen deduciren lässt. Construiert man daher eine der Curve v_1 (Geschwindigkeits-Curve für $J = 10/100$)

affine Curve für's Verhältniss $\frac{Q_{J, \frac{4}{3}}}{v_1}$, so ist die Abscisse ihres

Schnittpunktes mit der Curve $Q_{1, 2} = 2 v t^2$ die gesuchte Tiefe. Der Schnittpunkt der durch obigen Punkt zur xx gezogenen Parallelen mit jener durch den Endpunkt von $250 \times \operatorname{tg} \phi$ zur yy geführten, bestimmt den zugehörigen Gefällsstrahl.

3. Gegeben: $Q = 650 l$, $J = 1.60/100$ und $\operatorname{tg} \alpha = 1:1$ zu suchen t und v .

Lösung. Man projicire den Punkt mit der Ordinate $650 l$ des Böschungstrahls $1:1$ parallel der yy auf den Gefälls-

strahl $1.60/100$ und diesen Punkt parallel der xx auf die Wassermengen-Curve; die Abscisse dieses Punktes ist die gesuchte Tiefe $t = 0.74 m$. Wird weiter der ihr entsprechende Geschwindigkeits-Curvenpunkt auf jenen Gefällsstrahl projicirt, so hat man auch in der Abscisse dieser Projection die Geschwindigkeit im Betrage von $v = 0.69 m$ ausgemittelt.

Zum Schlusse wollen wir der Vollständigkeit halber noch eine Tabelle — entnommen dem Werke Perels: „Handbuch des landwirthschaftlichen Wasserbaues“ — folgen lassen; selbe

Tabelle.

| Autor | Land auf welches sich die Angabe bezieht | Beständig. Zufluss pro Hektar und Secunde in Litern | | | Bemerkung |
|----------------------|--|---|---------|------------|---|
| | | Maximum | Minimum | Durchschn. | |
| Verschiedene Autoren | Südliche Länder | — | — | 1 | |
| Dünkelberg | Mittel und Süd-Deutschland | 53 | 17 | 35 | |
| Toussaint | Mittel- und Süd-Deutschland | 60 | 30 | 45 | Gutes Wasser und humosen Boden vorausgesetzt |
| Häfener | Süd-Deutschland | 24 | 3 | 10 | Die angegebene Minimalmenge nur unter gewissen Voraussetzungen zulässig |
| Patzig | Norddeutschland | — | — | 12 | |
| Wurffbein | Westliches Deutschland | — | — | 11 | Sehr fettes Wasser bei sandigem, humosem Boden |
| Turretin | Norddeutschland | — | — | 12 | Peterson'sches System. |
| Vincent | Norddeutschland | 120 | 60 | 90 | |
| Keelhoff | Belgien | — | — | 30 | |
| Barral | Vogesen- u. Mosel-Departement | 130 | — | 65 | |
| Debauve | Vogesen | 50 | 20 | 35 | |
| Debauve | Normandie | 200 | — | 16 | |

bezieht sich auf die von verschiedenen ausgezeichneten Meliorations-Ingenieuren in Vorschlag gebrachten Wassermengen, die beim Bewässerungswesen für die verschiedenen Methoden pro Hektar und Secunde aufzuwenden sind.

5. Andere Verhältnisse zwischen Grabentiefe und Sohlenbreite.

Bei praktischen Ausführungen von Gräben hat man sich womöglich an das günstigste durch Gleichung (5) ausgedrückte Verhältniss zwischen Grabentiefe und Sohlenbreite zu halten. Verschiedene Umstände bedingen aber oft eine Abweichung vom vortheilhaftesten Profil.

Für solche Fälle können natürlich die entwickelten Constructionen nicht ohne Weiteres Geltung haben; principiell bleiben sie wohl dieselben, doch sind sie entsprechend zu modificiren.

Im Nachfolgenden soll diese Modification kurz erläutert werden, ohne jedoch die diesbezüglichen Constructionen selbst auszuführen.

Man kann statt der Gleichung (5) allgemein setzen:

$$\begin{aligned} b &= m t \\ m &\geq 1 \end{aligned} \quad (17)$$

Dann erscheinen die Coefficienten a und c in der Form:

$$a = m + \cotg \varphi \quad (18)$$

und

$$c = m + 2 \cos \varphi$$

oder

$$c = \frac{m \operatorname{tg} \varphi + 2 \sqrt{\operatorname{tg}^2 \varphi + 1}}{\operatorname{tg} \varphi} \quad (19)$$

Der Profilradius R ist dann gegeben durch

$$R = \frac{a}{c} t = d \cdot t \quad (20)$$

und der Ausdruck für die Geschwindigkeit lautet nunmehr:

$$v = dt \sqrt{\frac{J}{\alpha dt + \beta}} \quad (21)$$

und jener für die Wassermenge pro Secunde, wenn $\frac{a}{c} \cdot a = ad = e$ gesetzt wird:

$$Q = e \cdot t^3 \sqrt{\frac{J}{\alpha dt + \beta}} \quad (22)$$

Ein Vergleich der Formeln (21) und (22) mit den analogen (12) und (14) zeigt darin einen wesentlichen Unterschied, dass in

den ersteren das t unter dem $\sqrt{\quad}$ mit einem variablen von den zwei Grössen φ und m abhängigen Coefficienten behaftet ist, und dass auch ein solcher Coefficient als Factor vor dem $\sqrt{\quad}$ steht.

Dieser Umstand ist es eben, der eine Modification des Vorganges bei der graphischen Lösung bedingt.

Die Gesamtheit der durch Gleichung (21) charakterisirten Curven bildet nicht ein einziges affines System, sondern zerfällt in ebensovielen von einander unabhängige affine Systeme, als es verschiedene Werthe von d gibt; denn die Ordinaten einer für bestimmte φ, m construirten Geschwindigkeits-Curve stehen mit den Ordinaten einer anderen insoweit in einfachem linearen Zusammenhange, so lange die Grösse d dieselbe bleibt. Sind v und v_1 diese Ordinaten, welche bei constanten φ, m für die respectiven J, J_1 resultiren, so ist:

$$v = v_1 \sqrt{\frac{J}{J_1}} \quad (23)$$

Die Construction einer einzigen Geschwindigkeits-Curve ist also jetzt unzureichend; es müssen vielmehr ebensovielen zur Darstellung gelangen, als unabhängige Werthpaare φ, m vorhanden sind. Diese für das nämliche Gefälle z. B. $J = 0.001$ und verschiedene d erhaltenen Curven sind eben die Grundelemente der bezüglichen affinen Systeme, aus welchen die übrigen mit Rücksicht auf das Verhältniss $\sqrt{\frac{J}{J_1}}$ geometrisch abgeleitet werden können.

Analoges gilt hinsichtlich der Wassermengen-Curven.

Rücksichtlich der Methode der Reductionsbüschel wäre zu bemerken, dass im vorliegenden Falle sowohl für die Geschwindigkeiten, als auch für die Wassermengen nur der die Gefälle-Verhältnisse zum Ausdruck bringende Büschel zur Anwendung käme.

Man ersieht hieraus, dass die Construction einer graphischen Geschwindigkeits- und Wassermengen-Tabelle für beliebige Verhältnisse zwischen Grabentiefe (resp. Wassertiefe) und Sohlenbreite wegen der vielen zu verzeichnenden Curven unbequem und zeitraubend ist.

Das Verfahren wird analog dem früheren, sobald man statt der Tiefe t den Profilradius $R = \frac{a}{c} t$ als Abscisse einführt, wodurch die Formeln (21) und (22) die Formen (12) und (14) annehmen. Um jedoch auf die Profil-Dimensionen zu kommen, hat man freilich noch den weniger einfachen Zusammenhang zwischen R und t graphisch darzustellen.

Die stationären Dampf-Generatoren der internationalen elektrischen Ausstellung Wien 1883.

Von Ing. E. R. Leonhardt.

(Vergleiche hierzu den Kesselhausplan, Seite 46, Wochenschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Jahrgang 1884.)

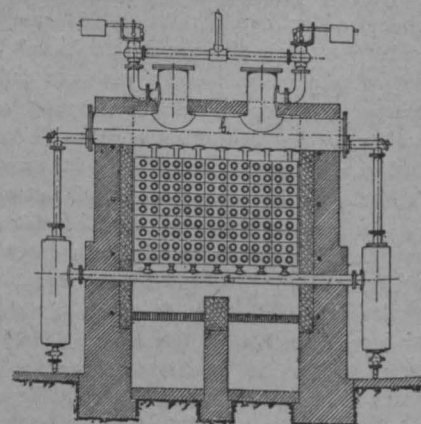
Es wäre uns erwünscht gewesen, über diese 14, nach 7 verschiedenen Systemen ausgeführten Kesselanlagen, welche continuirlich nebeneinander durch fast drei Monate gleichmässig betrieben, mit Kohle von stets gleicher Beschaffenheit geheizt, mit dem gleichen Wasser gespeist und unter ein und derselben Leitung von ausgesuchten, mit dem jeweiligen Kesselsysteme vollkommen vertrauten (weil von den ausstellenden Firmen gesandten) Heizern bedient wurden, dem p. t. Leser neben einer ausführlichen Beschreibung auch vergleichende Resultate bieten zu können.

Allein die Erhebung der Betriebsergebnisse, alle Messungen und sonstigen Untersuchungen sind von der wissenschaftlichen Commission der Ausstellung gemacht und durchgeführt worden, welche sich vorbehalten hat, ihren Bericht selbst zu veröffentlichen, so dass wir heute nur versichern können, dass wir, sobald dieser längst mit Spannung erwartete Bericht erschienen sein wird, nicht ermangeln werden, daraus die hauptsächlichsten Betriebs-Ergebnisse und die über die verschiedenen Systeme gefällten Schlussurtheile hier zu reproduciren.

Es kann und soll demnach heute in den nachstehenden Zeilen nur ein kurzgefasstes übersichtliches Bild über die verschiedenen Installationen, ihre Hauptabmessungen und ihre specifischen Eigenthümlichkeiten entrollt werden, da andererseits der beschränkt zugemessene Raum keine ausführliche Beschreibung der einzelnen Anlagen zulässt, ausserdem aber die beigegebenen Zeichnungen alle wünschbaren weiteren Aufschlüsse ertheilen.

S. Huldsky's Söhne in Gleiwitz (Preussisch-Schlesien) hatten unter Cat.-Nr. 514 zwei Stück ganz gleichgebauter horizontale Wasserröhrenkessel (Patent J. G. Schmidt) mit darüberliegendem Dampfsammler ausgestellt. (I^a und I^b im Kesselhausplane). Hierzu die nachfolgenden Fig. 1—6 auf Seite 74.

Jeder dieser Kessel besteht aus zwei Systemen horizontaler querangeordneter Heizröhren von gleicher Länge, dessen eines, den sog. Vorderkessel B bildend, direct über dem Doppelroste liegt, so dass die Heizgase zunächst zwischen den Röhren desselben aufsteigen, dann zu dem durch Mauerwerk von ersterem getrennten



Rohrsysteme des Hinterkessels *A* ziehen, dessen Röhren nach dem Gegenstromprincip umspülen und von da in den Rauchcanal gelangen.

Der Vorderkessel besteht aus 11 Reihen à 9 Röhren, zusammen 99 Stück, mit einer Heizfläche von $61 \square m$, der Hinterkessel aus 18 Reihen à 5 Röhren, zusammen 90 Stück, mit einer Heizfläche von $67 \square m$; es resultirt somit eine Gesamtheizfläche von $128 \square m$. Die Kessel sind auf 10 Atmosphären Dampfspannung concessionirt und mit zwei Sicherheitsventilen, jedes von 60 mm mittlerem Durchmesser, versehen.

Die Kessel erhielten ihr Speisewasser aus einem von Brand & Lhuillier in Brünn unter Cat.-Nr. 515 ausgestellten bereits erwähnten Wasser-Reinigungsapparat System J. A. Berenger & J. Stingl u. zw. mittelst zweier von der sächsischen Maschinen-Fabrik vormals Rich. Hartmann in Chemnitz gelieferten Dampfspeisepumpen.

Der rechts seitlich oben am Kessel angeordnete cylindrische Dampfsammler hatte, einen Durchmesser von 800, eine Länge von 3890, war aus 9.5 mm starkem Blech geschweisst und hatte gusseiserne Böden. Die schmiedeeisernen Siederöhren waren sämtlich 2520 lang, hatten 5 mm Wandstärke und einen lichten Durchmesser von 90. Wohl zumeist in Folge der kleingewählten Dimensions-Verhältnisse der Röhren gaben die Huldshinsky-Kessel sehr rasch nach dem Anheizen Dampf.

Fig. 11, 12 und 13, Wasser-Röhren-Kessel von E. Skoda in Pilsen.

Patent Heine. Maassstab 1:60.

Fig. 11 Längenschnitt.

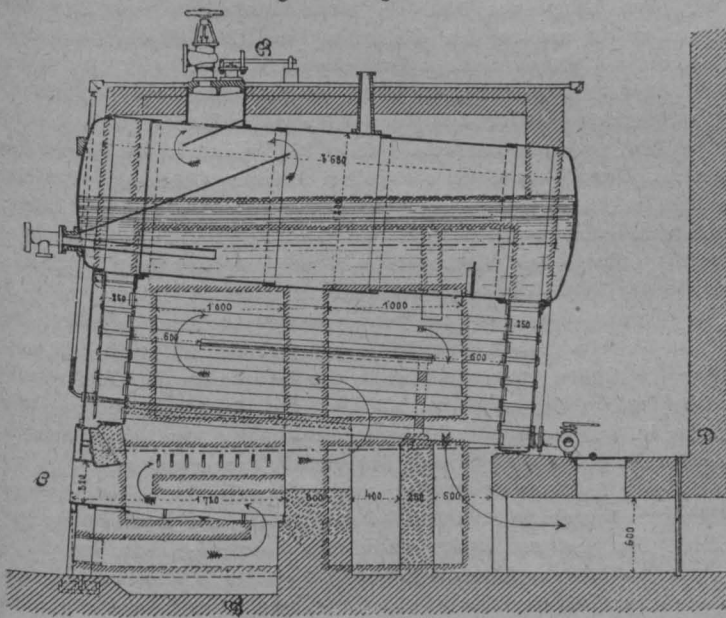
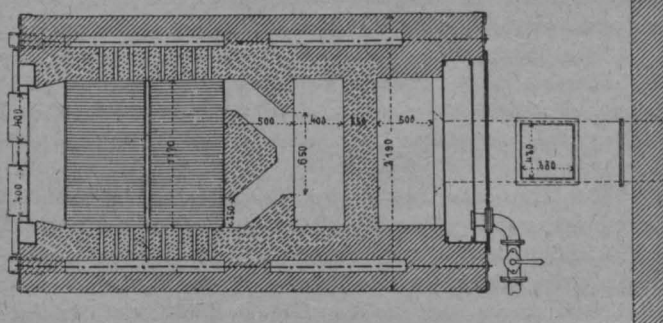


Fig. 13. Horizontalschnitt nach C D.



Die Rohre tragen, wie die Detail-Figuren 5 und 6 deutlich erkennen lassen, aufgeschraubte Köpfe und Verbindungsstücke aus schmiedbarem Gusseisen, mittelst denen die Röhren schlangenanartig in der Weise verbunden werden, dass sämtliche einzelnen Rohre der einen Reihe an ihrem einen Ende mit je einem Rohre der tieferliegenden, mit ihrem anderen Ende mit je einem Rohre der höhergelegenen Reihe verbunden werden.

Das Speisewasser tritt durch das horizontale Rohr *a*, wie die Pfeile in Fig. 1 andeuten sollen, in die unterste Reihe des Hinterkessels ein, steigt durch alle Reihen des Hinterkessels *A* nach und nach empor, bis es von der obersten Rohrreihe in das aus der Detail-Figur am prägnantesten ersichtliche horizontale Sammelrohr *C* gelangt, von wo das Wasser durch das Abfallsrohr *c* in das Horizontalrohr *d* kommt, um von hier aus, natürlich bereits hoch erhitzt, successive nach aufwärts die Siederohr-Reihen des Vorderkessels *B* zu durchströmen; aus der obersten Rohrreihe tritt das, bereits mit Dampfbläschen stark gemischte Wasser dann in das obere Horizontalrohr *e* ein und steigt durch *f* in den Dampfsammler, der stets zur Hälfte mit Wasser gefüllt sein soll; hier mündet das Wasser oberhalb des Wasser-Niveau's ein und soll die auf das Rohr *f* aufgesetzte Blechkappe das Mitgerissenwerden des Wassers durch den Dampf verhüten.

Von Flugasche lassen sich die Rohrsysteme leicht mittelst Dampfstrahles reinigen; ein Auswechseln schadhafte gewordener Rohre ist, da jeder Kessel bequem zugänglich, leicht möglich; doch möchte andererseits dieser Vortheil der leichten Zugänglichkeit, weil eine Isolirung des Kessels bedingend, trotz der schützenden Einmauerung Ursache für nicht unbedeutende Wärmeverluste durch Ausstrahlung sein.

Die Huldshinsky-Kessel lieferten während der ganzen Dauer der Ausstellung den Dampf: 1. für die gesamte Installation der Firma Ganz & Co. (Cat.-Nr. 411), darunter für die grosse hundertpferdige, für den Betrieb der Theater-Lichtmaschine dienende verticale Compound-Maschine Cat.-Nr. 413 der Prager Maschinenbau-Actien-Gesellschaft vormals Ruston & Co.; 2. für die 50pferd. Armington-Maschine der Edison-Compagnie Cat.-Nr. 404 und 3. für die 50pferdige Armington-Maschine von G. Wirth, Cat.-Nr. 395a.

Während diese beiden Kessel zuerst von allen anderen betriebsfähig montirt waren, gilt von ihren unmittelbaren Nachbarn den im Plane mit II bezeichneten Röhrenkesseln von Georg Plattner in Hernal's gerade das Gegentheil, indem diese, gleichfalls dem Belleville-System ähnelnden Kessel erst in

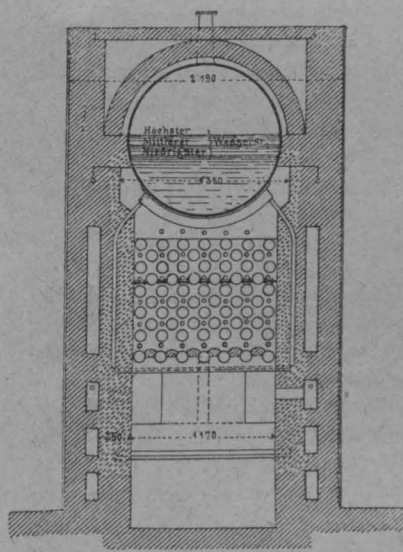
der zweiten Hälfte der Ausstellung aufgestellt wurden; benutzt wurde der Dampf nur von einem dieser Kessel, und zwar in der Hauptsache zu den von der wissenschaftlichen Commission mit den rotirenden Maschinen angestellten Versuchen. Vergleiche Fig. 7 bis 10 auf Seite 74.

Ueber einem aus 126 gezogenen schmiedeeisernen Röhren von 80 Durchmesser, 1900 Länge und 5 Wandstärke bestehenden Röhren-Kesselsysteme, welches ausserdem noch 20 Stück Ueberhitzungsrohre von 1330 Länge und sonst gleichen Dimensionen enthält, liegt ein Dampfsammler von 300 Durchmesser, 2800 Länge und 15 Wandstärke, welcher zwei Dampfdomes von 300 Durchmesser und 470 Höhe besitzt.

Bei $52.6 \square m$ wasserbenetzter Heizfläche und einer Ueberhitzungsfläche von $24.7 \square m$ ergäbe sich eine Totalheizfläche von $77.3 \square m$ die Kessel waren für 10 Atmosphären concessionirt.

III. Unter Cat.-Nr. 513 hatte die Maschinenfabrik, Eisengiessere und Kesselschmiede von E. Skoda in Pilsen einen auf 10 Atmosphären concessionirten horizontalen Wasserrohrkessel, Patent Heine, mit einem ober demselben gelagerten Cylinderkessel ausgestellt, welcher letzterer, aus Thomas-Flusseisen (Witkowitz) herge-

Fig. 12. Verticalschnitt nach A B.



stellt, 3680 Länge, und 1200 Durchmesser hatte, bei einer Wandstärke von 14 und einer Bodenstärke von 18 mm. Auf demselben sass ein Dampfdom 300 hoch, 500 Durchmesser, von 12 mm Wandstärke. (Fig. 11, 12 und 13, Seite 75.)

Der Unterkessel zählte 66 Rohre von 3044 Länge und 90 äusserem Durchmesser und war mit dem Oberkessel durch zwei mit je 40 Stehbolzen abgesteifte flache Endkammern verbunden, welche folgende Dimensionen hatten: 250 tief, 1470 breit, 1250 hoch, Wandstärke 19 mm. Die Gesamtheizfläche wird mit 62 □m angegeben.

Die ganze Construction ist von vorn nach rückwärts um 5° geneigt, die obere Hälfte des Oberkessels bildet den Dampfraum, wogegen die untere Hälfte desselben, die beiden Endkammern und die Röhren mit Wasser gefüllt sind.

Der Kessel lagert rückwärts auf einer halsförmigen Verlängerung der Hinterkammern, dagegen vorn auf zwei seitlich der Vorderkammer angeordneten Stützen.

Die Wassercirculation in diesem Kessel ist eine positive, und zwar steigt das Wasser durch die Vorderkammer auf, läuft durch den geneigten Oberkessel zurück in die hintere Endkammer und vertheilt sich von hier in die verschiedenen Röhren. Es sei hier beigefügt, dass sich in der Stirnwand der Vorderkammer, jedem Wasserrohre gegenüber, behufs Reinigung ein Zugangsloch befindet, welches durch einen inneren und äusseren (Doppel-)Verschluss geschlossen ist.

Die Circulation der Feuergase an der vorderen Kesselhälfte in aufsteigender, an der hinteren in absteigender Richtung, ist an der Hand der Pfeile in Fig. 11 leicht zu verfolgen.

Das zur Verbrennung erforderliche Luftquantum strömt durch Canäle in den 470 mm breiten Seitenmauern des Kessels zu, wird daselbst vorgewärmt, bestreicht vom Roste aus nur die unterste Rohrreihe (siehe die Eindeckung in Fig. 11), worauf die Heizgase in der rückwärtigen Hälfte des Rohrsystemes zwischen die 2., 3. und 4. Rohrreihe geführt werden, sich dann nächst der vorderen Kammer weiter aufwärts durch und über die obersten Rohr-Reihen wenden, unterhalb des Oberkessels nach rückwärts streichen und endlich zwischen den rückwärtigen Vierteln sämtlicher Rohre zum Rauchcanale absinken.

Im Oberkessel waren gegen das Mitreissen von Wasser (Fig. 11) zwei Deflectionsplatten angeordnet.

Die Fabrik hält eine ungleiche oder überhaupt nachtheilig wirkende Ausdehnung der Längentheile des Kessels mit Rücksicht auf die starken Versteifungen und zu Folge der positiven Wassercirculation für vollkommen ausgeschlossen.

Der Kessel lieferte seinen Dampf ausschliesslich an die von der gleichen Firma ausgestellte 70pferdige liegende Corliss-Maschine (Cat.-Nr. 440), welche zum Betriebe der Installation von Piette & Kfzik in der Westgalerie verwendet wurde.

Nr. IV. Neuartig angeordneter verticaler Röhrenkessel mit Tenbrink-Feuerung von Brand & Lhuillier Eisenblechwaaren- und Maschinenfabrik, Eisengiesserei und Kesselschmiede in Brünn (Cat.-Nr. 512). Hierzu 4 Zeichnungen auf Seite 78.

Unbestreitbar die complicirteste aller in der Ausstellung vorhandenen Kesselanlagen (Fig. 14, 15, 16 und 17) bestand dieselbe im Wesentlichen aus einem verticalen Röhrenkessel von 1600 Durchmesser, 3250 Länge, 9.5 Wand und 18 mm Bodenstärke mit einem unter 45° schrägliegenden Tenbrink-Rohr (800 Diameter, 1400 Länge, 11 mm Wandstärke) und verticalem, conischen 1800 hohen Flammenrohre (oben 600, unten 400 Durchmesser, 9 mm Blechstärke), welches durch einen Stutzen von 400 lichter Weite mit einem horizontalen Oberkessel verbunden war, quer über welchem ein Ueberhitzungs-Cylinder (Dampfsammler) von 590 Durchmesser, 2800 Länge und 7 mm Blechstärke angeordnet war.

Die Zahl der Feuerrohre betrug 36, jedes derselben hatte (bei 3 mm Wandstärke) 76 mm lichte Weite und 3300 Länge; Dimensionen des Oberkessels: 900 Durchmesser, 3000 Länge, 7.5 mm Wandstärke. Die gesammte Heizfläche betrug 55.7 □m.

Der Gang der Heiz-Gase, welche in der Höhe des Dampfsammlers zum Schornstein entweichen, ist durch die Bezeichnungen 1. 2. 3. Zug in Fig. 14 gekennzeichnet; sie gehen im 1. Zuge durch den

Trichter nach oben, ziehen unter dem vorderen Theile des Oberkessels bis in die Mitte der Anlage, folgen dann im 2. Zuge den Rauchzügen des verticalen Röhrenkessels nach abwärts, werden dann aussen (als 3. Zug) an diesem Röhrenkessel wieder empor- dann um den noch nicht bespülten Theil des horizontalen Oberkessels und um den Ueberhitzer herum und zum Kamine abgeführt.

Die Trockenheit des von diesem Kessel gelieferten, die 35pferdige Hochdruck-Dampfmaschine der gleichen Firma in der Nord-Galerie der Maschinenhalle (Cat.-Nr. 423) speisenden Dampfes war eine im hohen Grade zufriedenstellende.

An diesem Kessel war ein elektrischer Speiserufer von Schwartzkopf in Berlin angebracht.

Nr. V. Bolzano, Tedesco & Co., Maschinenfabrik, Kessel- und Drahtseilfabrik, Eisen- und Metallgiesserei in Schlan (Böhmen) hatten unter Cat.-Nr. 462 einen Doppeldampfraum-Kessel ausgestellt, welcher wegen seiner neuartigen Construction und wegen der bei demselben zur Anwendung gebrachten Heizanlage (Patent Bolzano: Doppelrost und combinirte Gasfeuerung) specielles Interesse erregte. Hierzu Fig. 18—21 auf Seite 77.

Die Kesselanlage besteht der Hauptsache nach (vergl. Fig. 18) aus einem horizontalen Cylinder-Unterkessel von 6000 Länge, 1500 Durchmesser und 11 mm Blechstärke und einem parallel darüber, nur etwa um die halbe Kessellänge nach hinten verschoben angeordneten zweiten Röhrenkessel, welcher einen Durchmesser von 1660, eine Länge von 5000 bei einer Blechstärke von 12 mm am Mantel und 18 mm an den Böden hat und 34 Siederohre von 114 äusserem und 107 mm innerem Durchmesser enthält.

Beide Kessel sind durch zwei verticale Stützen von 600 Länge, 500 Durchmesser und 10 mm Wandstärke verbunden.

Die gesammte Heizfläche beträgt 88 □m und ist der Kessel für 6 Atmosphären Ueberdruck construirt. Auf dem Oberkessel sitzt ein Dampfdom (12 mm starkes Blech) von 950 Durchmesser und 1000 Höhe; Dom und Verbindungstutzen sind aus Neuberger Eisenblech hergestellt, alle übrigen Bleche stammen aus der Hermannshütte der Prager Eisen-Industrie-Gesellschaft.

Zufolge der sofort zu beschreibenden Construction haben die beiden Kessel eigene Wasserstände; es geht nämlich durch den vorderen Verbindungsstutzen ein bis in den Dampfraum des Oberkessels reichendes Verlängerungsrohr, während der rückwärtige Stutzen mit einem, in den Wasserraum des Unterkessels tauchenden und mit einem bis zur Normalwasserlinie des Röhrenkessels reichenden Blechrohre versehen ist. Hierdurch werden zwei getrennte, durch obgenannte Stutzenverlängerungen communicirende Wasser- und Dampfäume gebildet. Die Speisung erfolgt durch den Schmand-Stutzen des Oberkessels, so dass das über die Normallinie steigende Wasser durch das rückwärtige Ueberlaufrohr in den Unterkessel gelangt, wodurch auch hier der Normalwasserstand erhalten wird. Das Ablassen der Kessel erfolgt durch deren nach vorne gekehrten Schlammstutzen, der Oberkessel ist durch das Mannloch im Domboden, der Unterkessel durch das vorne, oberhalb befindliche Mannloch leicht befahrbar.

Das Reinigen des Oberkessels wird dadurch ermöglicht, dass die Siederohre in zwei Partien angeordnet sind, welche genügenden Raum zwischen sich freilassen; auch sind aus diesem Grunde die Verlängerungsrohre durch Lösen einer einzigen Schraube leicht herausnehmbar.

Das innerliche Putzen der Siederohre erfolgt nach Oeffnung der grossen, zweiflügeligen Blechthüre von der Stirnseite des Kessels aus. Die Stirnwand des Oberkessels springt gegen jene des Unterkessels etwas zurück, um eine Tribüne für das Putzen der Rohre entbehrlich zu machen, und um Raum für ein Einstiegsloch in den Unterkessel zu gewinnen und hinter dem Kessel einen recht grossen Aschensack zu schaffen.

Der Unterkessel liegt im ersten Zuge, dann umspielen die Feuergase die Mantelfläche des Oberkessels und gehen im dritten Zuge durch die Siederohre zum Rauchcanale ab.

Die Art der Kesselspeisung durch den Oberkessel bringt es mit sich, dass in den, im ersten Feuerzuge gelegenen Unterkessel nur reines Wasser gelangt, so dass an der Feuerplatte so gut wie gar

keine Ablagerungen erfolgen werden, was für Ausnützung des Heizeffectes sowohl, als auch für die Dauerhaftigkeit des Kessels spricht.

Die Verbindungsstutzen sind durch Mauerwerk gut geschützt; die Dampfentwicklung geht in Folge der Grösse der dampfbildenden Wasseroberfläche des Unterkessels mit einer gewissen Gleichförmigkeit vor sich, und da der im Unterkessel gebildete Dampf durch das lange Steigerohr in den Dampfraum des Oberkessels abströmt, ist ein Mitreissen von Wasser aus dem Unterkessel fast gänzlich ausgeschlossen, selbst für den Fall plötzlicher bedeutender Dampfentnahme. Die Höhe des Domes über dem Wasserspiegel des Röhrenkessels bietet auch hier ziemliche Gewähr für Trockenheit des Dampfes, zumal das aus dem Unterkessel einmündende Dampfrohr nicht direct unter dem Dome liegt. Dass dieses Rohr mit seinem unteren Ende zu nahe an der Feuerbrücke situiert ist, wird von einigen Seiten als ungünstig bezeichnet.

Als entschiedene Vortheile dieses neuartigen Kessels sind zu erwähnen: Grosse Heizflächen bei verhältnissmässig geringem Raumverforderniss; leichte Zugänglichkeit der Kessel, Canäle etc. und somit bequeme Reinigungs-Möglichkeit und (besonders wenn die Reinigungsstutzen noch etwas tiefer gelegt werden, als es bei dem in der Zeichnung abgebildeten Kessel der Fall ist) günstiger Effect in Folge Combination mehrerer anerkannt guter

Principien: Doppelter Dampfraum, Gegenstrom-Princip und Regulirbarkeit des Verhältnisses zwischen Rost- und Heizfläche je nach der Güte des zur Verwendung kommenden Brennmaterials, wie sie der bereits seit längerer Zeit bekannte Etagenrost von Bolzano ermöglicht, besonders wenn dieser, wie es bei dem Ausstellungs-kessel der Fall war, mit einer Gasfeuerung combinirt ist.

Der Heizeinrichtung des Bolzano-Tedesco-Kessels seien noch nachstehende kurze Bemerkungen gewidmet.

Der einfache Bolzano-Rost besteht bekanntlich aus zwei gusseisernen Seitenständern, welche durch Quertraversen, die gleichzeitig zur Auflage der Roststäbe dienen, versteift sind. Die wirksame Rostfläche wird durch Combination zweier schwachgeneigter Etagen mit einem zu unterst gelegenen Planrost gebildet. Jeder einzelne Roststab ist leicht auswechselbar. Das Brennmaterial wird auf der Drehklappe aufgegeben und fällt durch einfaches Kippen derselben auf die obere schräge Rostfläche, auf welcher stets das lebhafteste Feuer unterhalten wird. Die theilweise ausgebrannten Kohlenstücke gelangen zur nächst-tieferen Etage und von da zum unteren Planrost, wo das vollständige Ausbrennen der Rückstände erfolgt und sich die übriggelassene Schlacke ansammelt.

Von Zeit zu Zeit, wenn der Planrost mit Schlacken bedeckt ist, muss derselbe natürlich gereinigt werden, was in einfachster Weise dadurch ermöglicht ist, dass der ganze Schlackenrost um eine horizontale Welle drehbar ist. Durch das Drehen einer an der Stirnseite des Rostes situirten Kurbel wird das Abschwemmen des Schlackenrostes leicht bewerkstelligt. Sollten sich übrigens noch einige Schlackenreste in den Rostspalten festgeklemmt haben, so kann der Heizer mit dem Schürmesser den Rost ganz bequem reinigen.

Die unbestrittenen Vortheile dieses bewährten Rostes sind: Gute Ausnützung jedes, auch des schlechtesten Brennmaterials, einfache Bedienung, sehr geringe Abkühlung des Feuerraumes und somit des Unterkessels beim frischen Beschicken der Feuerung, nahezu

rauchlose Verbrennung und endlich die Leichtigkeit der Anbringung dieses Rost-Systemes bei allen Arten bestehender Feuerungen.

Bezüglich der Neuerung der combinirten Gasfeuerung, deren Einrichtung aus Fig. 18 und 20 ersichtlich ist und die allerdings, wenn sie entsprechend functioniren soll, einen verständigen, geübten und gewissenhaften Heizer erfordert, wäre Folgendes zu bemerken:

Diese Neuerung besteht im Allgemeinen darin, dass man zwei durch eine Wand geschiedene Roste anordnet und in der Scheidewand geeignete Oeffnungen ausspart, welche gestatten, dass die Feuergase von den einen Rost zum anderen streichen, sobald der betreffende Feuercanal geschlossen wird.

Diese Unterbrechung des Zuges wird nun abwechselnd auf der einen oder anderen Seite bewerkstelligt. Bei der zur Ausstellung gelangten Feuerungsanlage sind die beiden Bolzano-Roste durch eine Mauer aus Chamottesteinen, in welche die entsprechenden Oeffnungen ausgenommen sind, getrennt. Diese Zwischenmauer reicht bis zur Feuerbrücke; letztere ist durch einen der beiden Schieber, welche an einem zweiarmigen Hebel befestigt sind und abwechselnd bis zum Kessel gehoben werden können, zur Hälfte abgesperrt. Die Schieber bestehen aus einem gusseisernen Rahmen, welcher als Auflage für eine Chamottestein-Schichte dient.

Durch das Umstellen eines Handhebels ist vom Heizerstande aus das wechselweise Oeffnen oder Schliessen der Zuführung mit den beregten Schiebern leicht ermöglicht.

Es soll nun die Flamme der auf dem einen Roste in lebhaftester Verbrennung befindlichen Kohlen durch die Oeffnungen der Trennungswand über den anderen, frisch beschickten Rost streichen, um dort die sich bildenden Feuergase zu entzünden; zu diesem Zwecke wird der Schieber auf der Seite des erstgenannten Rostes

geschlossen und jener hinter dem frisch beschickten geöffnet, auf letzteren wird das Feuerungsmaterial in Eingangs erwähnter Weise successive vollständig ausgebrannt, während welcher Zeit wieder auf dem anderen Roste in angeführter Weise Kohle aufgegeben wird, wobei sich die Manipulation mit den Schiebern in umgekehrter Ordnung wiederholt, so dass

die Feuergase der neu aufgeschütteten Kohle wieder von der Flamme des Nebenrostes entzündet werden.

Es ist evident, dass diese Feuerungsanlage, wenn exact gehandhabt, durch Ausnützung der von der abgeschrägten Feuerbrücke abstrahlenden Wärme und durch die Möglichkeit, das Feuerungsmaterial vollständig auszubrennen, einen sehr befriedigenden Effect geben wird.

Der Kessel bediente in vorzüglicher Weise die unter Cat.-Nr. 462 im West-Transepte von der gleichen Firma ausgestellte 80pferdige horizontale Zwilling-Dampfmaschine mit Steuerung von Regnier und diente später auch für Zwecke der wissenschaftlichen Commission.

An diesen Kessel angebaut finden wir die im Kesselhausplane mit Nr. VI^a und b bezeichneten beiden grossen, von der ersten Brünnner Maschinenfabriks-Gesellschaft in Brünn zur Ausstellung gebrachten Dupuis'schen Gegenstromkessel, welche in mustergiltiger Weise während der ganzen Ausstellungszeit der von derselben Firma unter Cat.-Nr. 407 in der Nordgalerie der Maschinenhalle zur Ausstellung gebrachte 240pferdige Compound-Receiver-Dampf

Doppel-Dampfraum-Kessel von Bolzano, Todesco & Co. in Schlan mit Heizanlage. Patent Bolzano. Maassstab 1:150.

Fig. 19. Vorderansicht

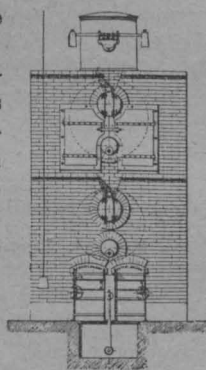


Fig. 18. Verticalschnitt.

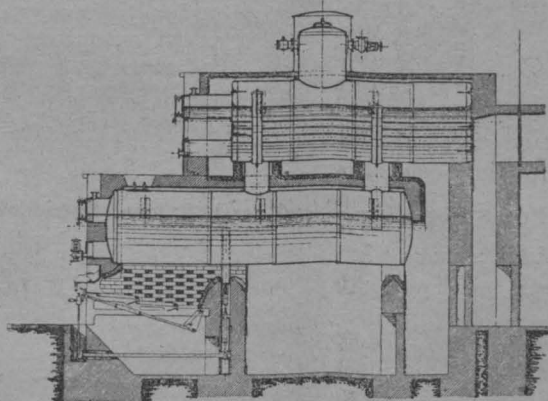


Fig. 20. Querschnitt vor dem Rostregulator.

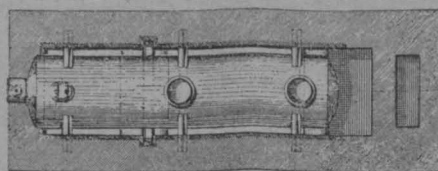
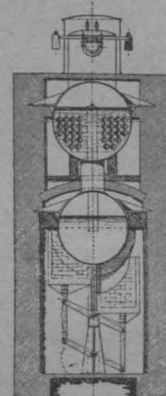


Fig. 21. Draufsicht auf den Unterkessel.

Fig. 14.
Schnitt nach A B in Fig. 16.

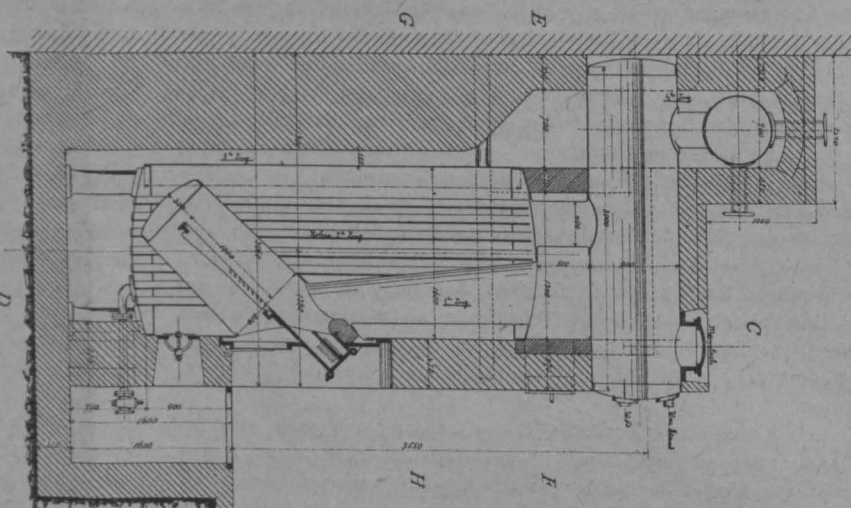


Fig. 15. Schnitt nach C D.

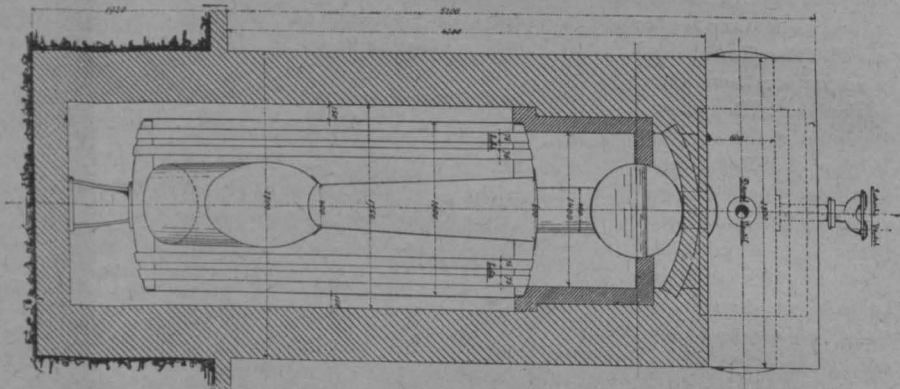


Fig. 16. Schnitt nach E F.

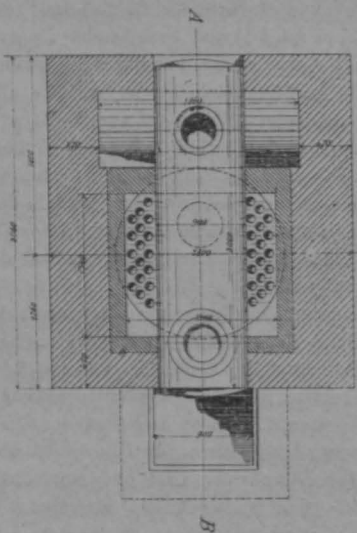


Fig. 17. Schnitt nach G H.

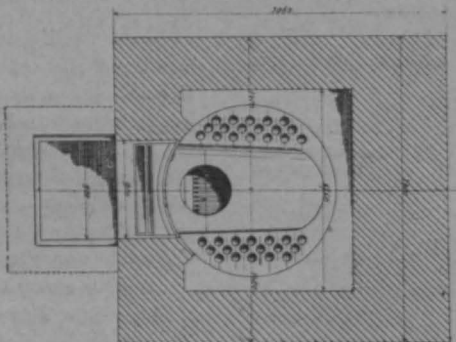


Fig. 22—25. Dupuis-Gegenstrom-Kessel der I. Brünnner Maschinen-Fabriks-Aktiengesellschaft.

Fig. 22. Verticler Längenschnitt.

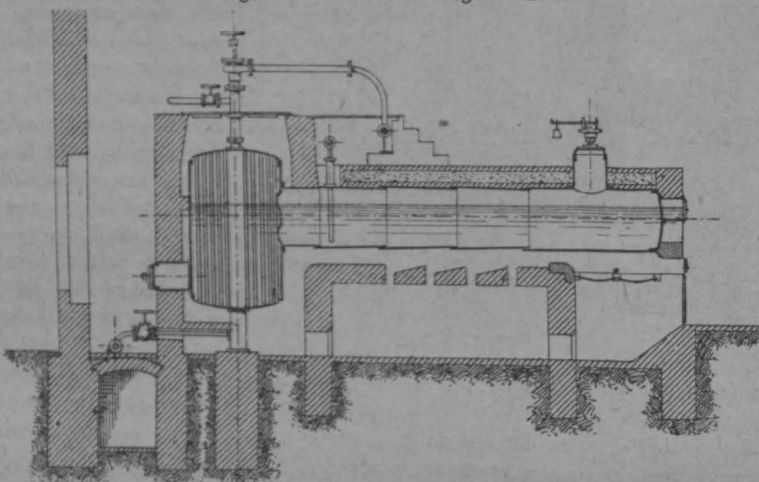


Fig. 23. Verticlschnitt vor dem Dom.

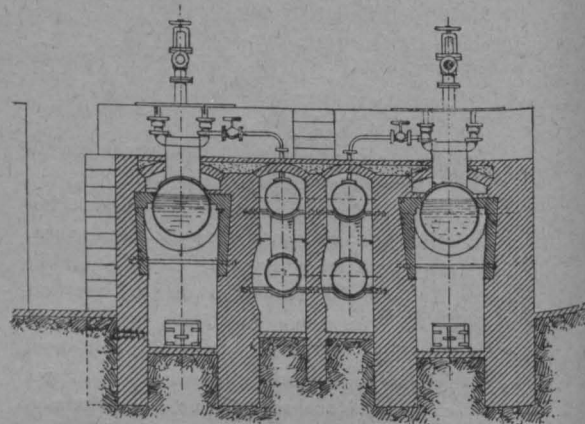
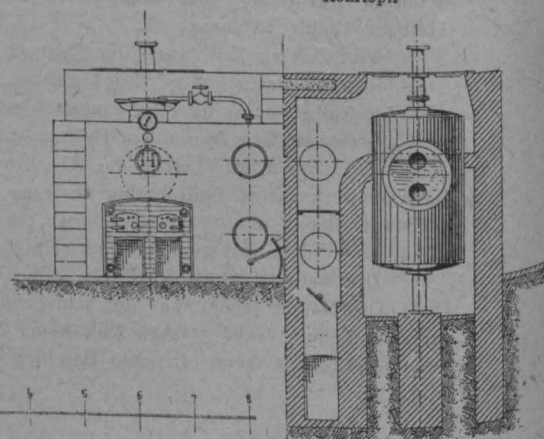


Fig. 24.

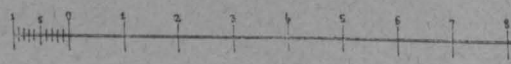
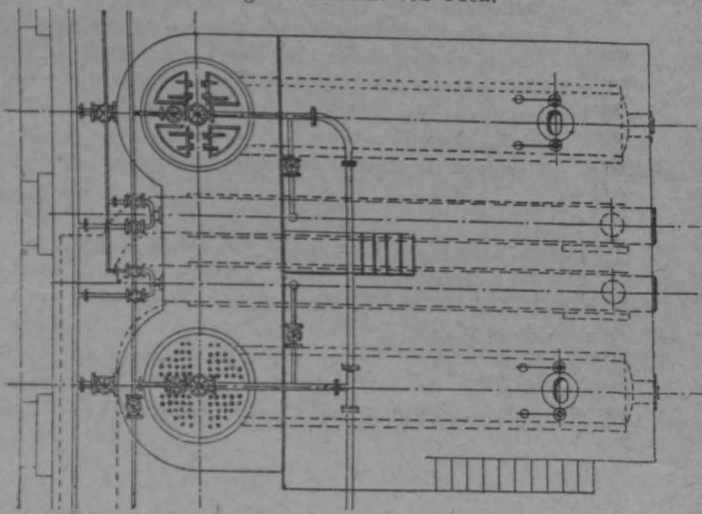
Vorderansicht.

Verticlschnitt
vor dem stehend.
Rohrtopf.



Maassstab 1 : 133.

Fig. 25. Ansicht von Oben.



maschinen mit zwangsläufiger Collmann-Ventilsteuerung der erforderlichen Dampf lieferten.

Beide Kessel waren ganz gleicher Construction und Dimension, jeder mit zwei Vorwärmern versehen und auf sieben Atmosphären Betriebsspannung concessionirt, jeder derselben hatte 1.9 m^2 Rostfläche und 112.6 m^2 Heizfläche, wovon 91.5 m^2 wasserbenetzt und 21.1 m^2 Ueberhitzungsfläche waren.

Längskessel je: 1100 Durchm., 6900 Länge, 10 mm Blechstärke
 stehender Rohrtopf je: 1760 " 2600 " 13 " "
 à 76 Röhren zu 83(77) " 2830 " 3 " "
 je 2 Vorwärmer mit je: 630 " 9000 " 8 " "

Diese Kessel sind ihrem Principe nach zur Genüge bekannt; aus den der Vollständigkeit halber auf Seite 78 beigelegten Fig. 22—25 ist alles weiter etwa Gewünschte ersichtlich, weshalb eine detaillirte Beschreibung entfallen kann.

Die beiden Dupuis-Kessel nebst ihren Vorwärmern waren aus Neuberger Martinstahlblech hergestellt, alle übrigen Theile: Boden, Stutzen und Dome aus bestem steirischen Eisenblech.

Gespeist wurden die Kessel mittelst zweier nichtsaugender Injectoren von einer Leistungsfähigkeit von 55 Liter pro Minute, ausgestellt von der Dampfkessel-Armaturenfabrik von Schäffer & Budenberg in Buckau-Magdeburg.

Erübrigt nur noch der durch 5 Exemplare auf der Ausstellung vertretenen Röhrenkessel der Firma De Nayer & Comp. in Willebroeck (Belgien) zu gedenken, welche die hauptsächlichsten Dampfgeneratoren der elektrischen Ausstellung waren und die ihren bereits 1880 bei Gelegenheit der niederösterreichischen Gewerbe-Ausstellung

Hiezu Fig. 26, 27 und 28 sowie Details-Fig. 29—32.

De Nayer führt seine Kessel vornehmlich in drei Modificationen aus:

- Typus mit Vorwärmer,
- Modell ohne Vorwärmer und
- sogenannte Marine-Kessel, bei welchen an Stelle des seitlichen Mauerwerkes weitere Siederöhren treten.

Unsere Figur 26 zeigt den Längenschnitt durch einen der beiden mit Vorwärmer versehenen Kessel (im Kesselhausplane mit VIIc und d bezeichnet), Fig. 27 bringt in ihrer rechtsseitigen Hälfte eine rückwärtige Ansicht des Kessels, in ihrer linksseitigen Hälfte einen Querschnitt, welcher in Fig. 26 durch die Mittellinie des Dampfdomes abwärts bis zur obersten Siederohrreihe geht, dann aber um etwa 1 m nach rückwärts absetzt, so dass der weitere Schnitt durch die Mitte des Kessels und senkrecht über dem Mittel des Hinterrostes hinabgeführt wird.

Fig. 28 bietet eine complete Vorderansicht.

Die Hauptmessungen der fünf Ausstellungs-Kessel sind in folgender Zusammenstellung enthalten:

| Nummer des Kessels | Zahl | Länge | Wandstärke | Kessel-Heizfläche |
|--------------------|------------------------|-------|------------|--------------------------------|
| | der Wasserröhren in mm | | | |
| VIIa und b | 168 | 3500 | 5 | 220 <input type="checkbox"/> m |
| VIIc und d | 120 | 2930 | 5 | 132 <input type="checkbox"/> m |

Diese zwei letztgenannten Kessel waren jedoch nach dem so-

Röhrenkessel von De Nayer in Willebroeck. Fig. 26—32. Maassstab 1:80.

Fig. 26.

Längendurchschnitt eines Kessels und seines Vorwärmers.

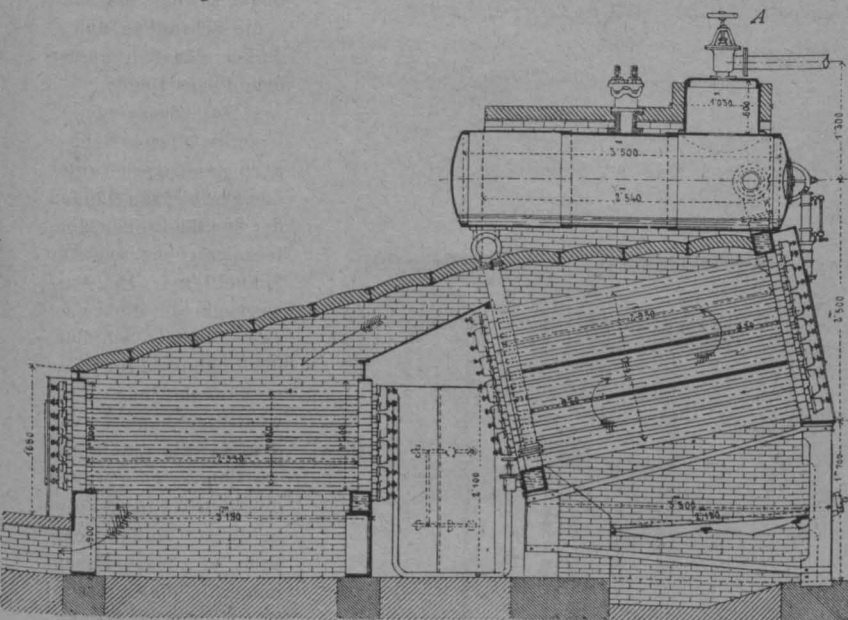


Fig. 27.

Schnitt A—B. Hintere Ansicht des Kessels.

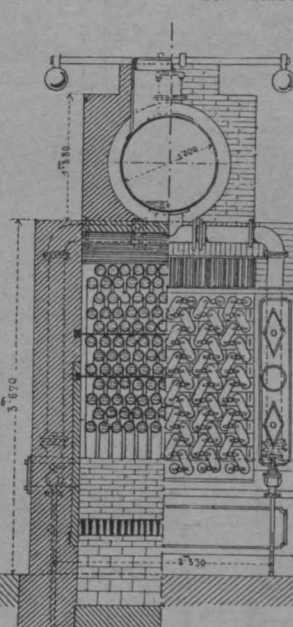
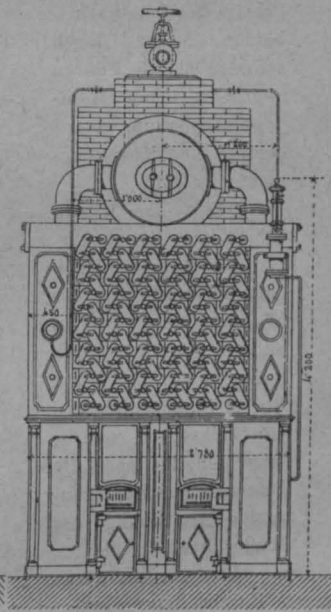


Fig. 28. Vorderansicht.



in quantitativer und wie qualitativer Beziehung errungenen guten Ruf neuerdings glänzend bewährt haben, wenn sie auch durch ihr verspätetes Eintreffen das Directions-Comité in arge Verlegenheit gebracht haben, da ihrer Verspätung in erster Linie und hauptsächlich die Hinausschiebung der Eröffnung der Ausstellung zu danken ist. Vier dieser Kessel, VII^abcd hingen mit ihren Feuerungen an dem grossen Schornsteine; ein später bestellter fünfter Kessel VII^e erhielt seinen eigenen Blechschornstein, wie in dem Kesselhausplane eingezeichnet.

Die De Nayer-, sogenannten inexplodirbaren Röhrenkessel sind ihrem Systeme nach dem amerikanischen Root-Kessel nahe verwandt und in Belgien, Frankreich und am Rheine sehr beliebt. Die Besucher der 1881 in Paris abgehaltenen internationalen elektrischen Ausstellung werden sich gewiss noch der gleichfalls fünf Kesseln umfassenden Installation dieser Firma erinnern.

genannten „verlängerten“ Typus construiert, d. h. je mit einem Vorwärmer ausgerüstet (Fig. 26), welcher seinerseits 105.6 m^2 Heizfläche repräsentirte, indem er 96 Heizrohre von 2930 Länge und 5 mm Wandstärke enthielt. Jeder der vier Kessel besass einen zugehörigen Dampfsammler von 1000 Durchmesser, 3500 Länge und 12 mm Wandstärke.

Diese vier Kessel VII^abcd gaben, wie bereits erwähnt, ihre Heizgase an den grossen gemeinschaftlichen Schornstein ab, während der fünfte Kessel, VII^e welcher 100 Röhren von 3920 Länge und 6 mm Wandstärke (Heizfläche 154.1 m^2), sowie einen Dampfsammler von 900 Durchmesser, 3500 Länge und 12 mm Wandstärke hatte und wie VII^a und b ohne Vorwärmer arbeitete, seinen eigenen Blechschornstein zur Verfügung hatte.

Alle fünf Kessel waren auf acht Atmosphären Betriebs-Spannung concessionirt und aus besten belgischen Blechen erzeugt; die Röhren waren gleichfalls belgischer Provenienz.

Die Kessel, welche seitlich durch Mauerwerk, an der Vorder- und Rückseite durch eiserne Flügelthüren gegen Abkühlung geschützt sind, bestehen aus folgenden Haupttheilen:

a) dem leicht nach innen geneigten Planroste, welcher sich mit seinen zwei hintereinander angeordneten Roststab-Garnituren über die ganze Kesselbreite erstreckt;

b) dem in ganz eigenartiger Weise zu einem System von quadratischem Querschnitte vereinigten nach rückwärts um 10° geneigten Röhrenbündel;

c) dem rückwärts an der untersten Rohrreihe horizontal quer vorliegenden Speiserohre;

d) der in Traversen ausgeführten, sich auch (wo ein solcher vorhanden) über den Vorwärmer erstreckenden Ziegeleinwölbung;

e) dem über diesem Gewölbe in der Längsrichtung des Kessels placirten cylindrischen Dampfsammler mit Dom;

f) den zu beiden Seiten von der obersten Rohrreihe des Dampfsammlers an seinem vorderen Ende in denselben einmündenden Dampfrohren;

g) den von dem Wasserraume des rückwärtigen Theiles des Dampfsammlers abzweigenden, mit den unter c) genannten Speiseröhren communicirenden Abfallröhren von 180 mm äusserem Durchmesser;

h) dem rückwärts des Kessels angeordneten aus einem Systeme horizontaler Röhren bestehenden Vorwärmer, der durch einen etwa 1.5 m breiten, nach

beiden Seiten durch schwere eiserne Thüren abgeschlossenen Manipulationsraum vom eigentlichen Kessel getrennt ist und

i) dem zum Kamin

führenden Rauchzuge.

Der Gang der Heiz-

gase einerseits und des

Wassers, resp. Dampfes

andererseits ergibt sich

nunmehr an der Hand

der Zeichnung Fig. 26

von selbst und concen-

trirt sich das specielle

Interesse auf die eigen-

artige Anordnung der

Siederöhren.

Ehe wir zu deren

Beschreibung über-

gehen, sei bemerkt, dass

den Heizgasen durch

zwischen die Siederohre

eingefügte gusseiserne

Führungsplatten, welche

in Fig. 26 der Länge

nach, in Fig. 27 quer-

geschnitten zur Darstellung

kommen, ein, möglichst viele Rohre

umfassender Weg vorgezeichnet wird.

Der eigentliche Röhrenkessel besteht nun aus beliebig vielen,

übereinander angeordneten horizontalen Rohrreihen, deren jede ge-

wöhnlich je 10 Stück Röhren von 5 mm Wandstärke enthält. Je zwei

übereinander liegende Horizontalreihen sind (wegen ausgiebigerer

Circulation der Heizgase) derart gegen einander verschoben, dass ein

Details der Rohrverbindung bei den De Nayer-Kesseln.

Fig. 29.

Maassstab 1:10. Fig. 30. Schnitt g h i k.

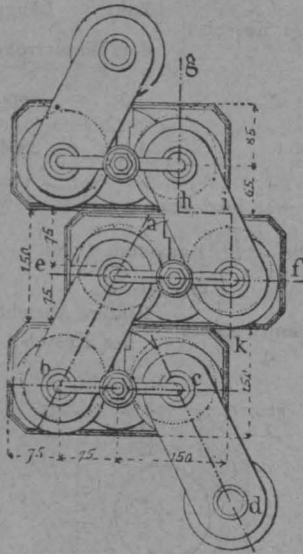


Fig. 31. Schnitt e f.

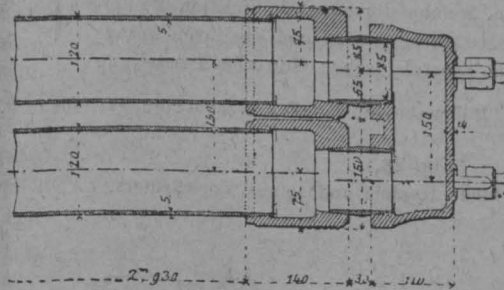
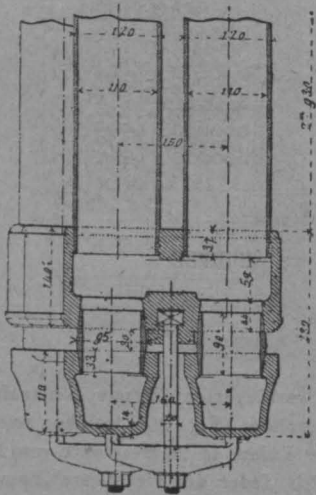
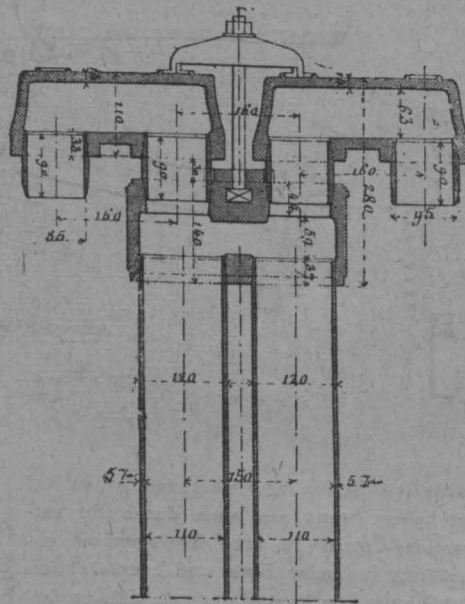


Fig. 32. Schnitt d c b a.



Rohr der oberen Reihe stets über dem Zwischenraume zwischen den beiden Röhren der darunter liegenden Horizontalreihe situirt ist.

Je zwei benachbarte Röhren einer Horizontalreihe sind dadurch zu einem einzigen Elemente vereinigt, dass ihre Enden conisch in eine 140 mm lange Doppelmuffe eingepresst sind, wie aus den Detail-Figuren 30—32 ersichtlich ist.

Jedes solches Element communicirt nun mit einem über ihm und einem unter ihm liegenden Elemente, indem vor jedes Auge der vorerwähnten Doppelmuffe ein 90 mm langes Rohrstück wieder conisch aufgesetzt ist, während ein gegossener Circulationsbügel, der conisch je zwei solcher Gussstücke (u. zw. eines der oberen und eines der unteren Rohrreihe) umfasst, die eigentliche Verbindung der beiden Elemente herstellt.

Diese schräg stehenden Circulationsbügel, welche in der Vorder- und Hinter-Ansicht des Kessels Fig. 27 und 28 deutlich sichtbar sind, werden mittelst je eines 160 mm breiten Ankers und einer 20 mm starken Schraube fest an die Muffe gepresst, indem ein solcher Anker das untere resp. obere Auge von je zwei in der gleichen Horizontalreihe nebeneinander zu liegen kommenden Circulationsbügel übergreift.

Die vorbeschriebene Verbindung der Rohre ist einestheils eine einfache, andernteils aber, weil alle Theile conisch auf- und ineinander schliessen, eine vollkommen dichte. Man ersieht sofort, dass die sich gegenseitig eng berührenden Muffen einen genügenden Abschluss gegen die Heizgase geben, so dass die Verbindungsbügel sowohl, als auch die Schrauben und Anker gänzlich ausser dem Feuer liegen.

Das Zusammenstellen dieser Rohrkörper vollzog sich unter den geschickten Händen der flamländischen Monteure mit unerwarteter Schnelligkeit. Ein Auswechseln der Rohre ist zwar leicht möglich, dürfte aber, da für jedes auszuwechselnde Rohr wenigstens zwei von den in die durch die Gesamtheit der Muffen gebildete Wand fest eingefügten Muffen entfernt werden müssen, immerhin eine grössere Zeit in Anspruch nehmen. Das wie bereits erwähnt, horizontal liegende Schlangens-Röhrensystem des Vorwärmers zeigt in der Rohrverbindung dieselbe Anordnung der

Details. Dieser Vorwärmer nutzt die mit etwa 300° zum Schornsteine abziehenden Heizgase noch annähernd auf die Hälfte aus.

Zum Schlusse sei bemerkt, dass diese fünf de Nayer-Kessel, alle übrigen in der Ausstellung laufenden Dampfmaschinen, soweit sie nicht ihren Dampf von den sub I bis VI beschriebenen stationären Kesseln oder von einer der vorhandenen Locomobilen oder Halblocomobilen erhielten, zur vollsten Zufriedenheit gespeist haben.

XII.

Kesselhaus. Der Hoffmeister-Motor.

Nachdem wir in Abschnitt X das Kesselhaus-Gebäude, in Abschnitt XI die stationären Dampfgeneratoren beschrieben haben, erübrigt uns nur, einiger der weiter noch im Kesselhause untergebrachten Ausstellungsobjecte zu gedenken, welche, im Plane auf Seite 46 „Wochen-schrift“ 1884 mit den arabischen Ziffern 1—20 bezeichnet, verschiedenartigsten Charakters waren. Wir greifen das Interessanteste heraus. Unmittelbar beim Haupteingange vom Westtransepte aus, befanden sich (Nr. 1 des Planes) zwei ganz neuartige Dampfmaschinen (deren eine stehend, die andere liegend) mit eigenen Dampfgeneratoren, nach ihrem Erfinder, dem Maschinenfabrikanten H. C. Hoffmeister in Wien, „Hoffmeister-Motoren“ genannt.

Wir geben an der Hand der nachstehenden Fig. 33, 34 und 35 eine allgemeine Beschreibung des Motors und berufen uns bezüglich des Urtheiles über denselben auf ein Gutachten, welches eine unserer hervorragendsten Capacitäten in diesem Fache, Herr k. k. Professor J. Radinger, über diese neue österreichische Erfindung nach längerer, eingehender Prüfung des Motors mit dem Schluss-Resumé abgegeben hat: „Ich erachte das Ganze als eine gelungene Construction, welche voraussichtlich durch lange Zeit und in sich gleichbleibender Güte arbeiten wird.“

Der Hoffmeister-Motor ist als eine Dampfmaschine mit einem inexplodiblen Dampferzeuger zu bezeichnen, welcher mit einem Oberflächen-Condensator mit automatischer Speisevorrichtung und automatischer Dampfdruck-Regulirung arbeitet.

Wie das Perspectivbild Fig. 33 des vierpferdigen Motors am Besten zeigt, sind die Maschine mit stehendem Cylinder, der Dampf-generator mit seinem Röhrensystem *a*, die viereckige Feuerkammer *A* und das als untere Fortsetzung der parallelen Feuerkammer-Wände construirte Fundament *B* in sehr compendiöser Weise zu einem wenig Raum einnehmenden Ganzen vereinigt.

Die in der Feuerkammer *A* erzeugten Heizgase umspülen (Fig. 34) der Längsrichtung nach die mit ihren beiden Enden in den Kesselboden eingedichteten doppeltabgekröpften 11 Siederohre, in Folge dessen, begünstigt durch die ausserordentlich klein angenommene Dimensionirung des Dampferzeugers selbst, eine sehr lebhaft Wasser-Circulation entsteht und die Dampfbildung sehr rasch vor sich geht.

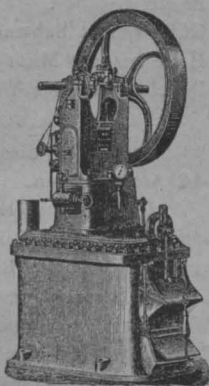
Der geringe Wasserinhalt des Dampferzeugers rangirt diesen in die Classe der sogenannten inexplodirbaren Kessel, bei welchen also selbst im Falle eines Risses in der Kesselwand keine weitreichende Explosions-Wirkung entstehen kann; die kleineren dieser Kessel bedürfen in Folge des geringeren Wasserinhaltes vor der Inbetriebsetzung keiner amtlichen Erprobung, sondern nur einer Anzeige und einer Jahres-Revision.

Ueber der Heizthüre *t* angeordnet und mit dieser durch das Hebelsystem *svz* verbunden, befindet sich ein Membran-Regulator *N*, welcher die Feuer-Intensität und somit auch die Lebhaftigkeit der Dampfbildung je nach dem Kraftbedarfe der Maschine, resp. je nach der jeweilig vorhandenen grösseren oder geringeren Dampfspannung regulirt.

Steigt der Dampfdruck über die momentane Bedarfshöhe, so öffnet der Regulatorhebel *s* die Heizthüre *t* und schliesst durch die

Fig. 33.

Perspectivische Ansicht eines stehenden 4 pferd. Motors.



Hebel *v* und *z* die Aschenfallthüre *w*, so dass der äusseren Luft mehr Zutritt gewährt und durch diese die Temperatur in der Feuerkammer reducirt wird.

Im umgekehrten Falle zu geringer momentan für den Bedarf der Maschine vorhandener Dampfspannung manipulirt der Regulator *N* automatisch in der entgegengesetzten Weise, schliesst durch Absperren der Thüre *t* die Luftzufuhr ab und öffnet dagegen die Aschenfallthüre *w*, wodurch die Temperatur in der Feuerkammer *A* gesteigert, hierdurch die Dampfbildung beschleunigt und die Dampfspannung erhöht wird.

Diese jedenfalls geniale Anordnung ist in ihrer Anwendung bei Dampfmaschinen durchaus neu. Der Dampferzeuger ist mittelst eines Mantels gegen Abkühlung durch Wärme-Ausstrahlung gut geschützt und in entsprechender Weise mit Manometer, Wasserstandszeiger und Sicherheits-Ventil ausgerüstet.

Durch Anwendung des in Fig. 34 rechts seitwärts ersichtlich gemachten, von einem Kühlgefässe *KP* umschlossenen Oberflächen-Condensators *L*, welcher durch das Rohr *H* direct den Abdampf aufnimmt und das Kühlwasser wieder als Speisewasser dem Dampferzeuger zuführt, arbeitet der Motor stets mit demselben, also mit destillirtem Wasser; dadurch wird einestheils der Vortheil eines geringen Wasserbedarfes erreicht, so dass in der That bei dem ausgestellten vierpferdigen Motor täglich nur 1—2 Liter frisches Wasser in den Dampferzeuger nachgefüllt zu werden brauchen; andernteils wird dadurch die Gefahr der Kesselsteinbildung vermieden, was bei der, die Möglichkeit einer Reinigung der Siederohre geradezu ausschliessenden Form der letzteren von Bedeutung ist, wenn auch infolge der lebhaften Wasser-Circulation in diesen Rohren eine Kesselstein-Ablagerung an und für sich nicht wohl denkbar ist.

Bei Industriezweigen, welche heisses Wasser benöthigen, kann ebensogut das vorgewärmte Wasser des Condensators einer anderweitigen Verwendung zugeführt werden.

Fig. 34.

Verticaler Längenschnitt.

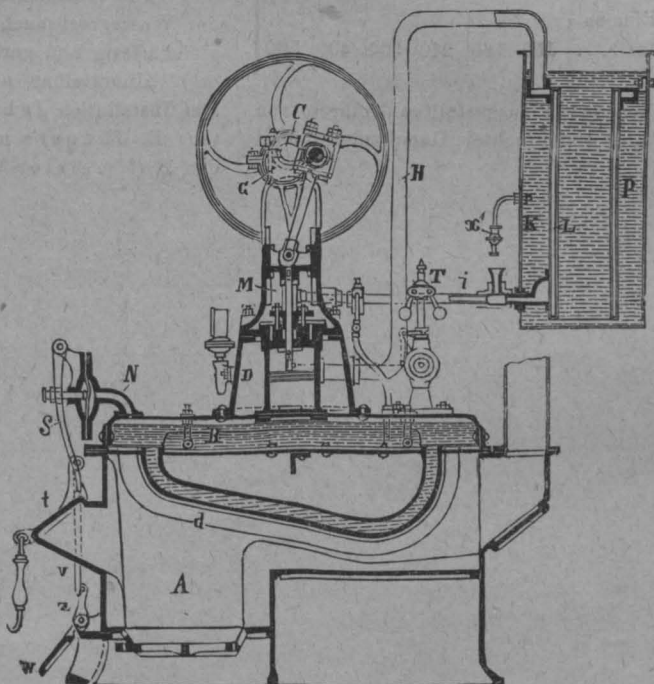
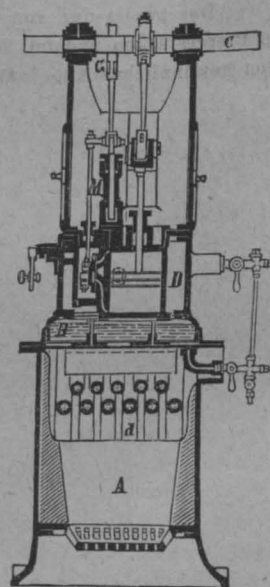


Fig. 35.

Verticaler Querschnitt unten durch die Feuerkammer, oben durch das Cylindermittel.



Der Bedarf an Kühlwasser stellt sich auf etwa 60—70 Liter pro Pferdekraft und Stunde. Die Maschine verlangt einen regulären Arbeitsdruck von 4—5 Atmosphären, welcher auch stets im Kessel gefahrlos unterhalten werden kann.

Der als Dampfdom dienende, auf dem Dampferzeuger aufsitzende Kasten *D* bildet gleichzeitig das Gehäuse für den Dampfzylinder *E* mit der aus Fig. 35 deutlich ersichtlichen Expansions-Steuerung und gewährt durch zwei in seiner obersten Wandung eingegossene Lager der Kurbelwelle *C* geeignete Lagerung.

In Fig. 35 ist auch die durch das auf der Welle *C* sitzende

Steuerung-Excenter *G* betriebene Speisepumpe, welche durch das Rohr *i* (Fig. 34) mit dem Condensator communicirt, deutlich angegeben.

Der Kugel-Regulator *T* regulirt die Tourenzahl dieser Welle nahezu durch directe Einwirkung auf das Dampfström-Ventil (Fig. 34).

Bei einer Maschine von 135 mm Cylinder-Bohrung und 150 mm Kolbenhub ergab ein durch mehrere Stunden fortgesetzter Versuch Radinger's: Tourenzahl im Mittel 110, bei 5 Atmosphären Druck im Kessel andauernd effectiv 2 Pferdestärken, abgegeben am Schwungrad durch Bremsung gemessen. Der Gang der Maschine war stets gleichförmig und vollkommen geräuschlos.

Der Aufwand an Kühlwasser betrug 76 Liter pro Pferdekraft und Stunde, doch hätte derselbe, bemerkt das Gutachten, unbeschadet der Wirkung auch kleiner gehalten werden können.

Der Verbrauch an guter Steinkohle wird mit 3 kg pro Pferdestärke und Stunde angegeben.

In der folgenden Tabelle finden sich Dimensionen und Gewichte der in der Leistungsfähigkeit von $\frac{1}{2}$ —8 Pferdestärken ausgeführten Motoren mit stehendem Kessel (Maassangaben in Millimeter, Gewichte in Kilogrammen) verzeichnet.

| Leistung in Pferdestärken | $\frac{1}{2}$ | 1 | 2 | 4 | 6 | 8 |
|---|---------------|------|------|------|------|------|
| Cylinder-Durchmesser..... | 85 | 105 | 135 | 160 | 180 | 210 |
| Kolbenhub..... | 100 | 120 | 150 | 180 | 200 | 250 |
| Tourenzah! pro Minute..... | 130 | 125 | 120 | 110 | 100 | 100 |
| Schwungrad Diameter..... | 800 | 800 | 900 | 1130 | 1300 | 1580 |
| Breite des Schwungrades..... | 100 | 100 | 110 | 120 | 150 | 160 |
| Länge des ganzen Motors..... | 1100 | 1250 | 1550 | 1800 | 2200 | 2800 |
| Breite " " "..... | 500 | 500 | 750 | 800 | 1000 | 1050 |
| Höhe sammt Schwungrad..... | 1700 | 1770 | 2000 | 2560 | 2900 | 3100 |
| Höhe bis Mitte Welle..... | 1260 | 1370 | 1550 | 1800 | 2000 | 2300 |
| Durchmesser der Welle..... | 85 | 40 | 45 | 55 | 65 | 75 |
| Gewicht des ganzen Motors..... | 450 | 510 | 760 | 1100 | 2900 | 3150 |
| Länge der frei vorstehenden Enden der Welle zum Aufkeilen der Riemen-scheibe und des Schwungrades.... | 150 | 160 | 240 | 300 | 400 | 500 |

Der zweite der von Hoffmeister ausgestellten Motoren von 16 Pferdestärken und mit horizontal angebrachter Dampfmaschine ist von gewöhnlicher Anordnung.

Der gemauerte Ofen, welcher mit Eisenplatten und Schrauben solid verankert war, bildete zugleich das Sockel-Fundament für die Maschine, so dass die ganze Construction der Höhe nach sehr geringen Raum in Anspruch nahm.

Die nachfolgende Tabelle gibt Anhaltspunkte, in welchen Stärken und nach welchen Dimensionen Hoffmeister diese, schon in die Classe der Grossmotoren gehörigen Anlagen ausführt, obwohl sie, des noch unter 500 Liter bleibenden Wasserinhaltes des Kessels wegen immer noch von der behördlichen Concession befreit sind.

| Leistungen in Pferdestärken | 10 | 12 | 16 | 20 |
|---------------------------------|------|------|------|------|
| Cylinder-Durchmesser.....Mm. | 210 | 240 | 270 | 315 |
| Kolbenhub....." | 350 | 400 | 450 | 520 |
| Tourenzah! per Minute..... | 95 | 90 | 80 | 70 |
| Länge des ganzen Motors.....Mm. | 3600 | 4000 | 5000 | 5800 |
| Breite " " "....." | 1080 | 1100 | 1170 | 1800 |
| Höhe sammt Schwungrad....." | 2900 | 3000 | 3100 | 3800 |
| Höhe bis zur Mitte der Welle.." | 1680 | 1750 | 1900 | 2300 |
| Durchmesser der Welle....." | 90 | 100 | 110 | 125 |

Auch für diese Motoren beträgt die Betriebs-Dampfspannung 4—6 Atmosphären.

Da diese grösseren Maschinen doch schon mehr Sorgfalt verlangen, so kommt bei ihnen ausnahmslos eine Mayr'sche Expansions-Steuerung und ein Buss'scher Regulator zur Verwendung; und weil hier die Erschütterungen, welche von der Maschine auf den Kessel direct übertragen werden, schon mehr ins Gewicht fallen und besonders nicht so wie bei den verticalen Anordnungen zum grössten Theile in der Richtung des Fundamentes aufgenommen werden, so scheint es hier wohl angezeigt, wenn irgend der Raum es gestattet, die Maschine nicht auf den Kessel, sondern daneben auf ein eigenes Fundament zu placiren.

Die Brennmaterial-Ausnützung war auch hier eine sehr gute, der Wasserverbrauch ein ganz minimier, der Gang der Maschine sehr gleichmässig und geräuschlos.

Unmittelbar neben den Hoffmeister-Motoren befand sich eine Installation Jablochkoff'scher Kerzen, deren Dynamomaschinen (aus E. Jünger's mechanischem Etablissement in Kopenhagen) von den Hoffmeister-Maschinen angetrieben wurden.

Fig. 4. Gang der Vorräthe in der gefüllten Cisterne.

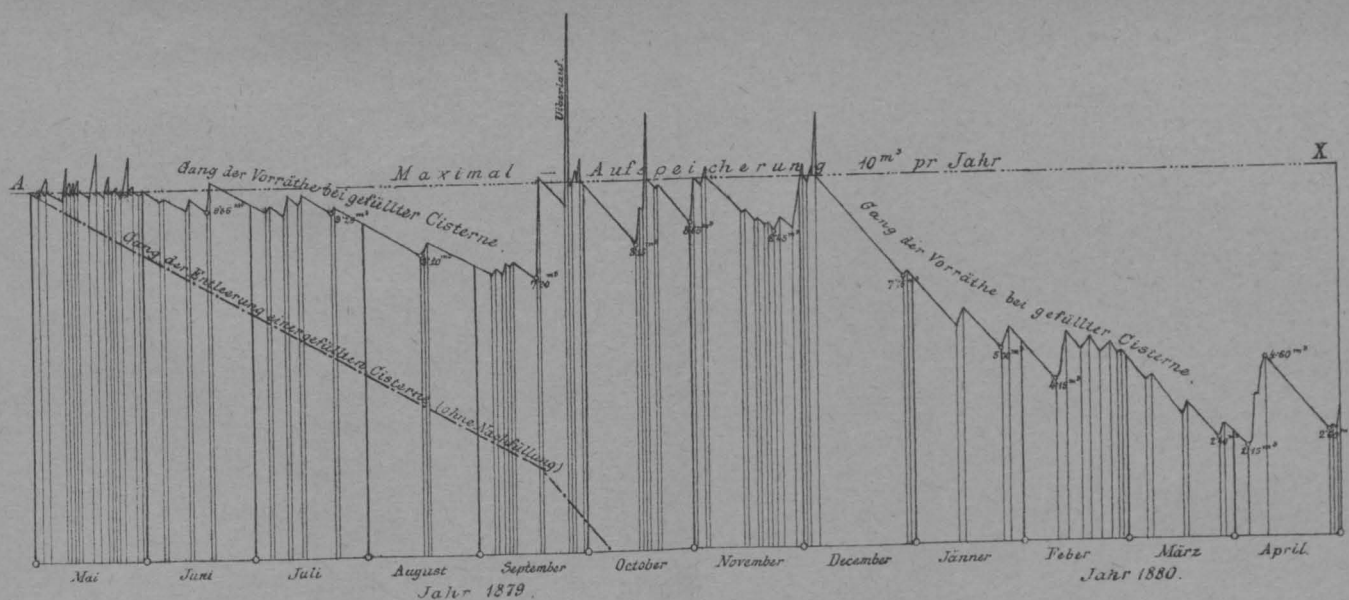
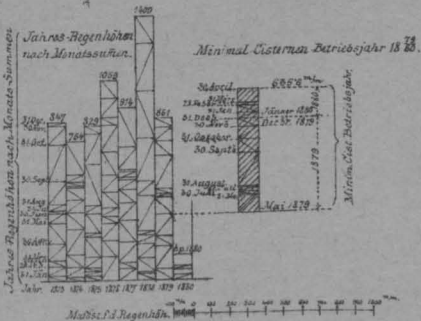
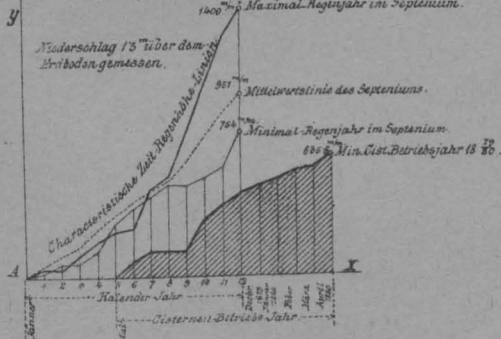


Fig. 3.

Beobachtungsstation Pola.

Monats- u. Jahressummen der Regenhöhen im Septennium 1873-1879.



Angenommener Tagesbedarf: $\text{max. } 587 = 0'058 \text{ m}^3$
 $\text{max. } 1001 = 0'100 \text{ m}^3$
 Gibt Jahresbedarf: $\text{min. } 20'440 \text{ m}^3$
 $\text{max. } 36'500 \text{ m}^3$
 Aus Minimal-Regenhöhe 656 mm , davon $30\% = 196'8 \text{ mm}$ nutzbar.
 Resultirt Auffangfläche: $\text{min. } \frac{20'440}{0'1968} = 103'86 \text{ m}^2$
 $\text{max. } \frac{36'500}{0'1968} = 185'46 \text{ m}^2$

Minimal-Aufspeicherung $10 \text{ m}^3 \text{ pr. Jahr}$

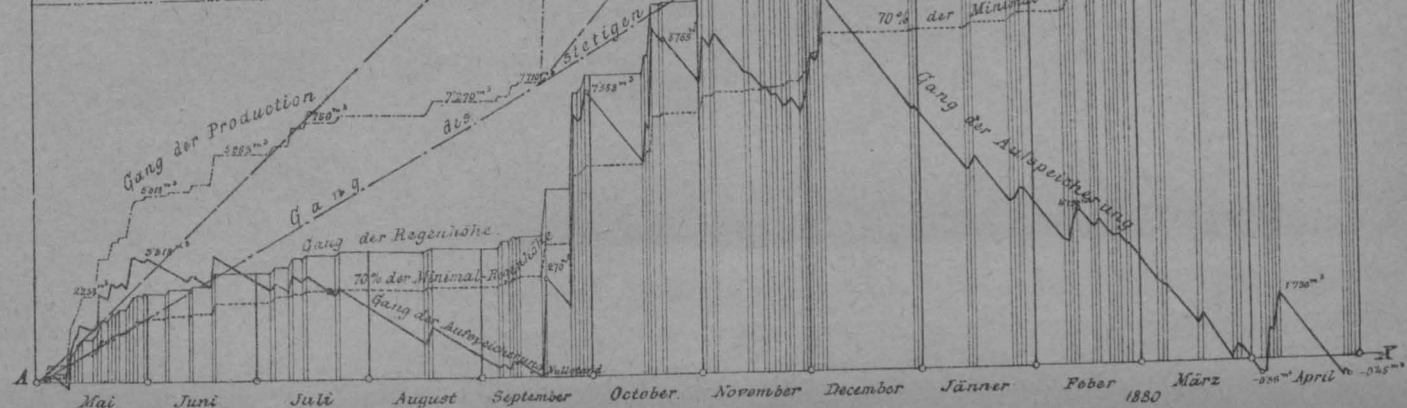


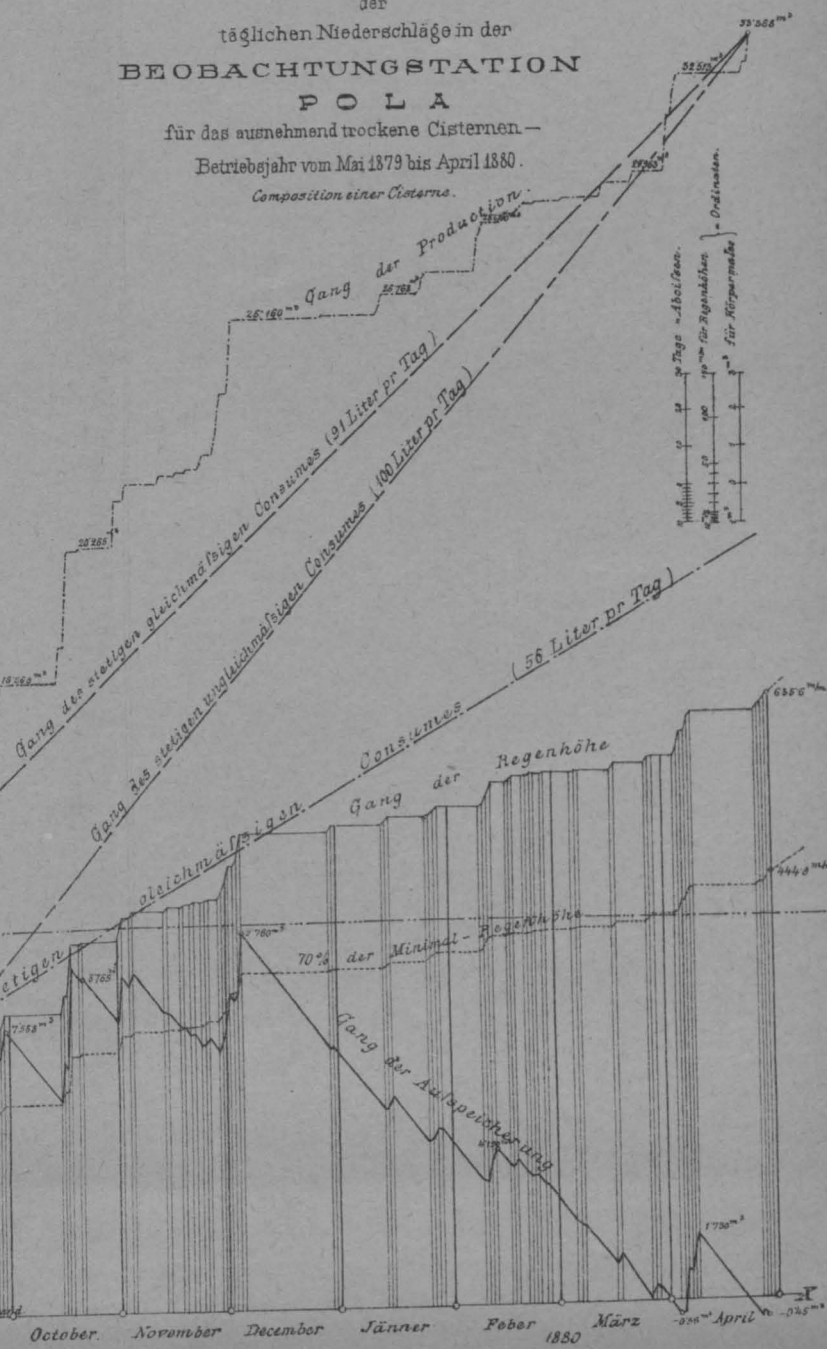
Fig. 5.

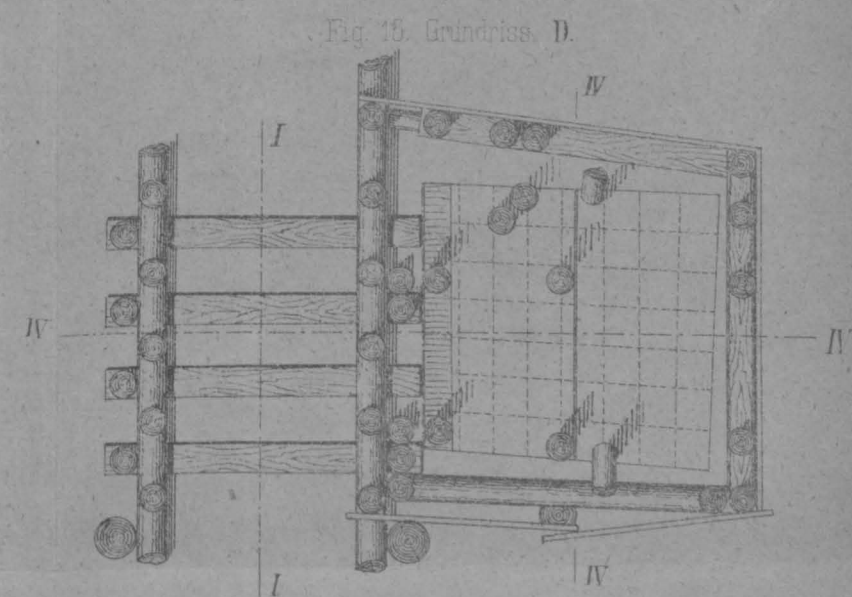
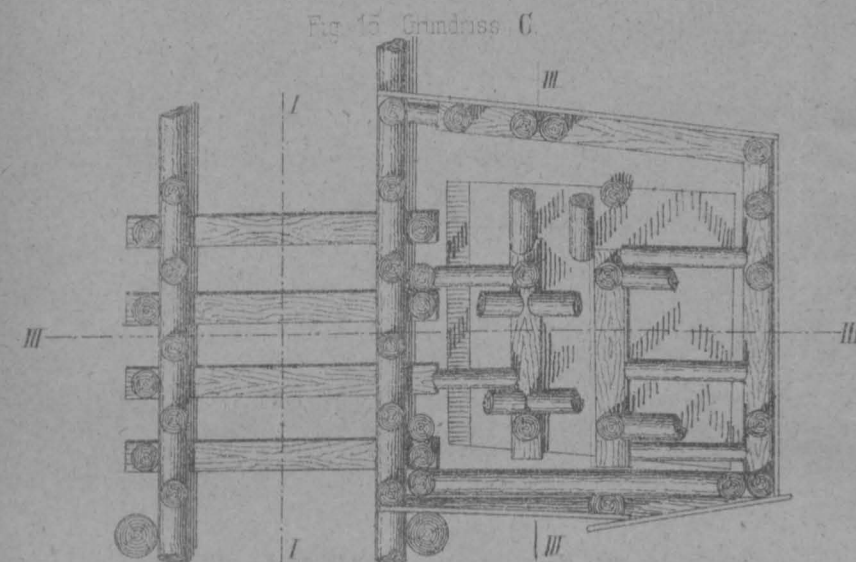
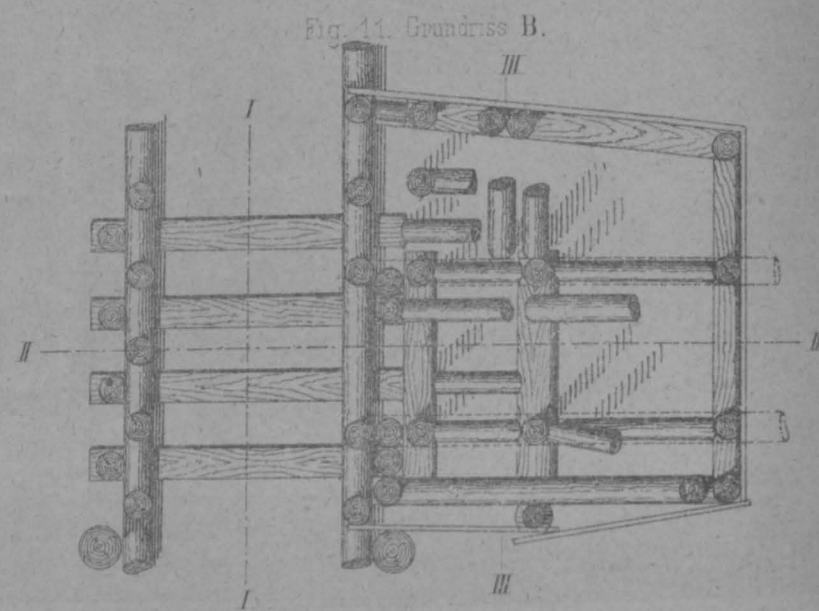
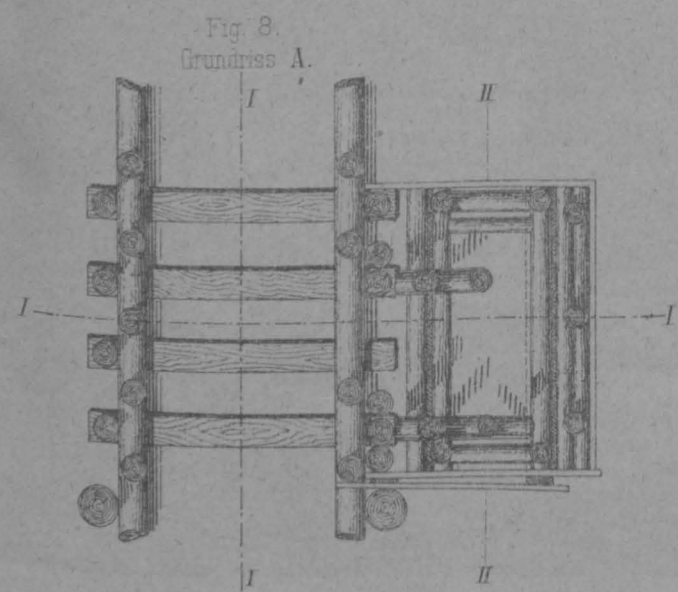
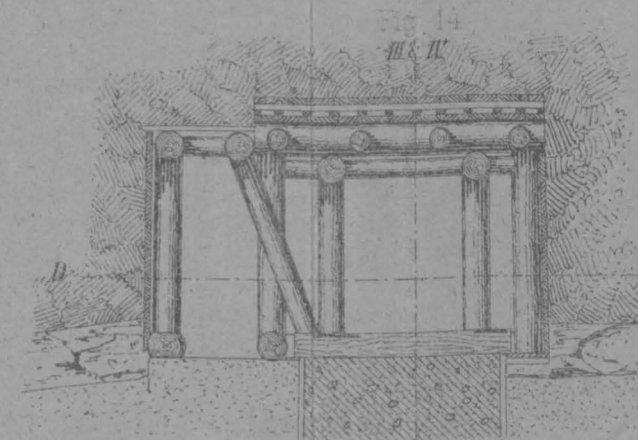
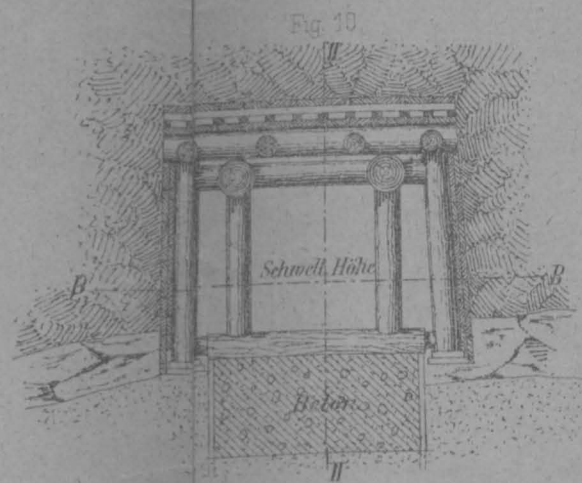
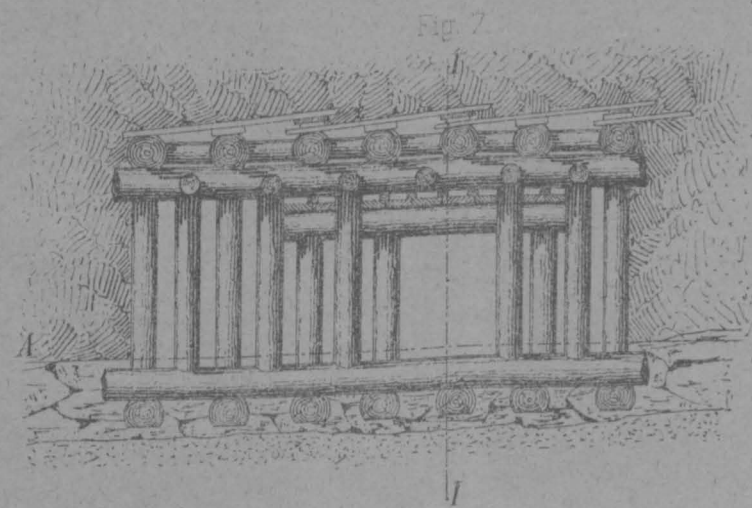
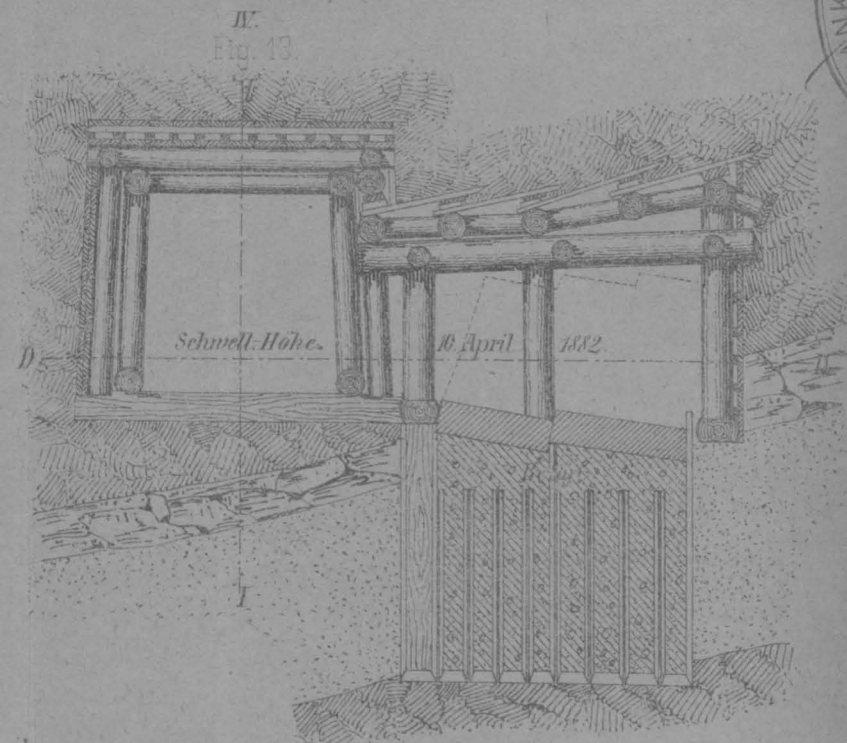
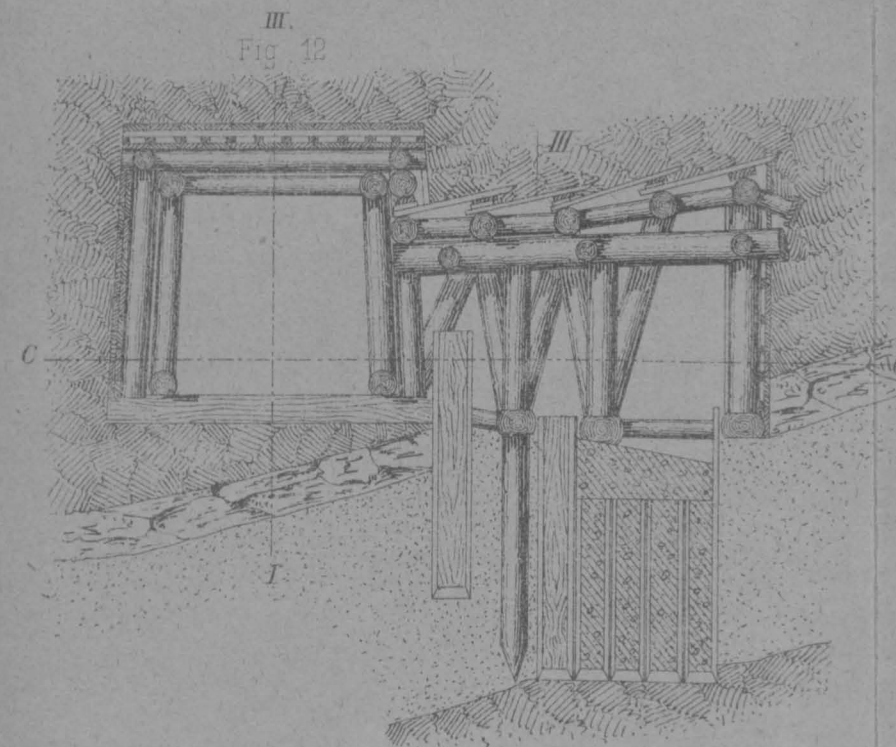
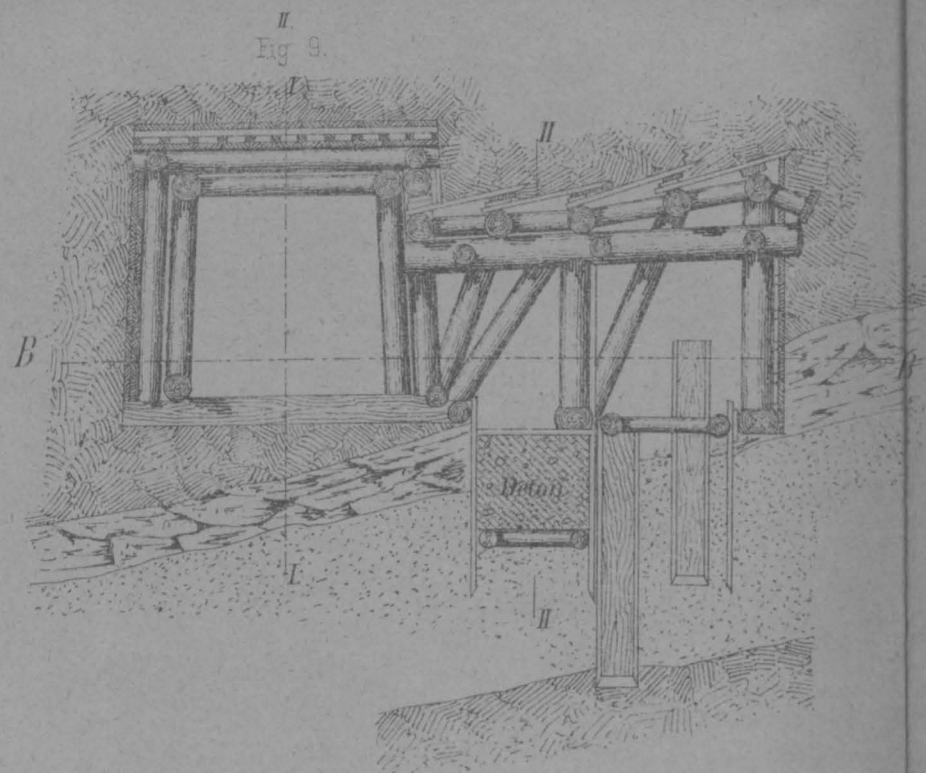
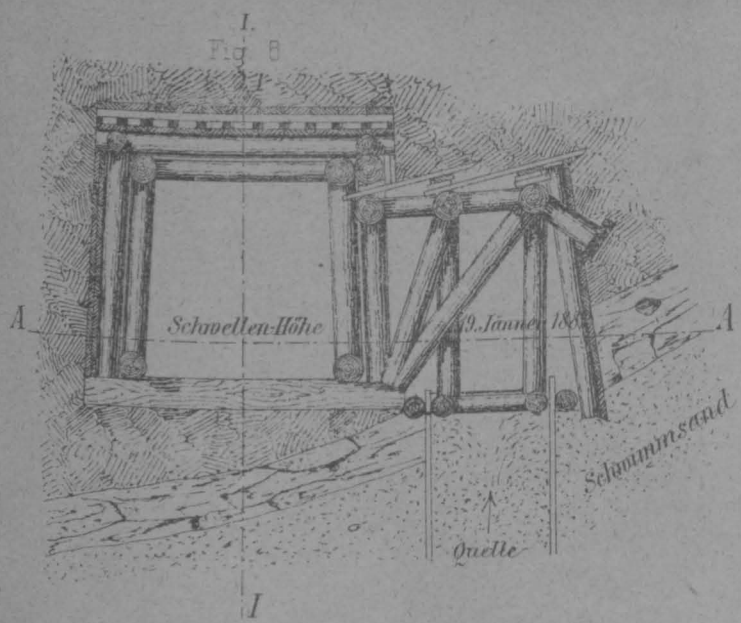
GRAFISCHE DARSTELLUNG

der täglichen Niederschläge in der BEOBACHTUNGSTATION POLA

für das ausnehmend trockene Cisternen-Betriebsjahr vom Mai 1879 bis April 1880.

Composition einer Cisterne.





Maassstab 1:80

Fig. 17 V

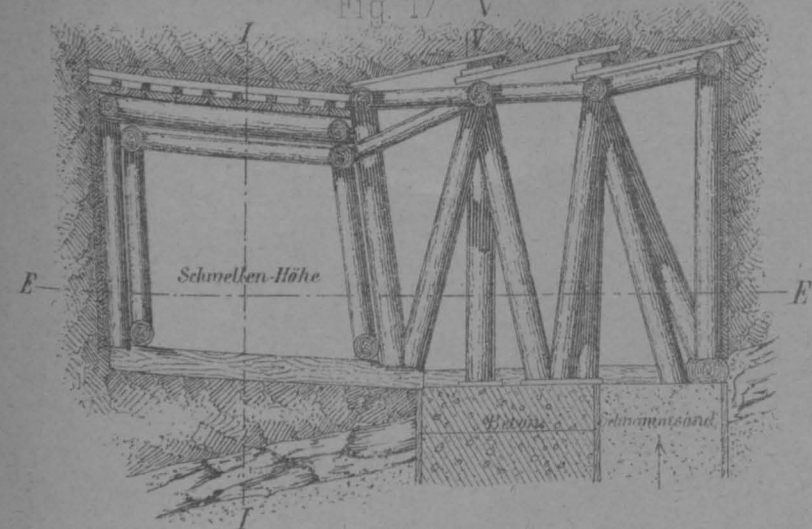


Fig. 18

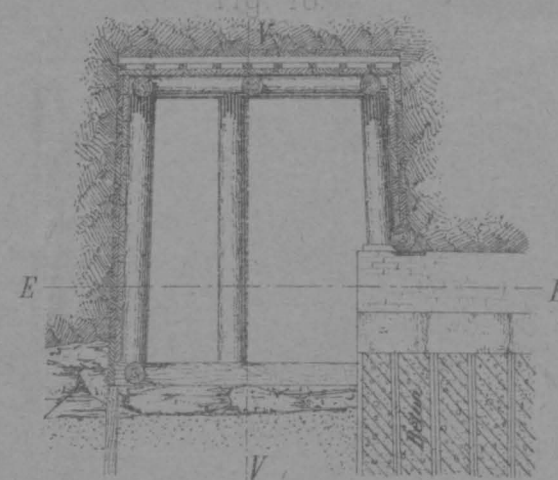


Fig. 27

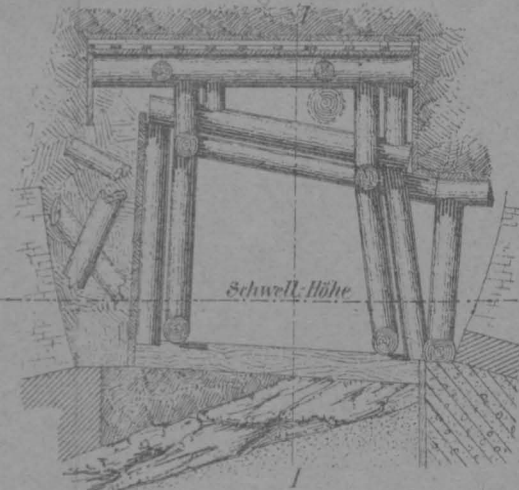


Fig. 29

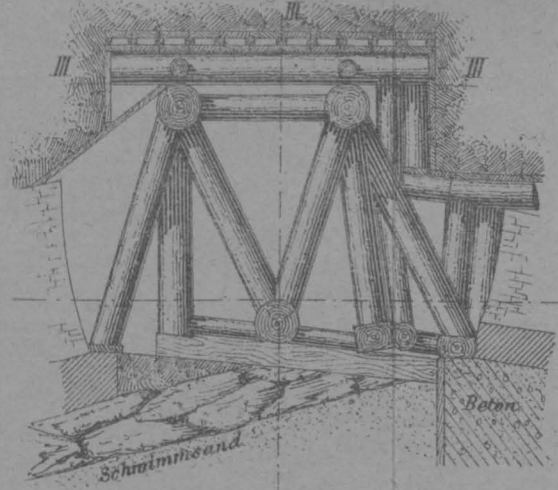


Fig. 32

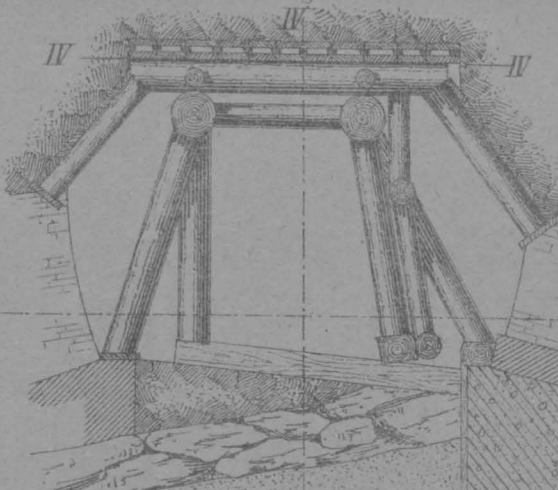


Fig. 19 Grundriss E.

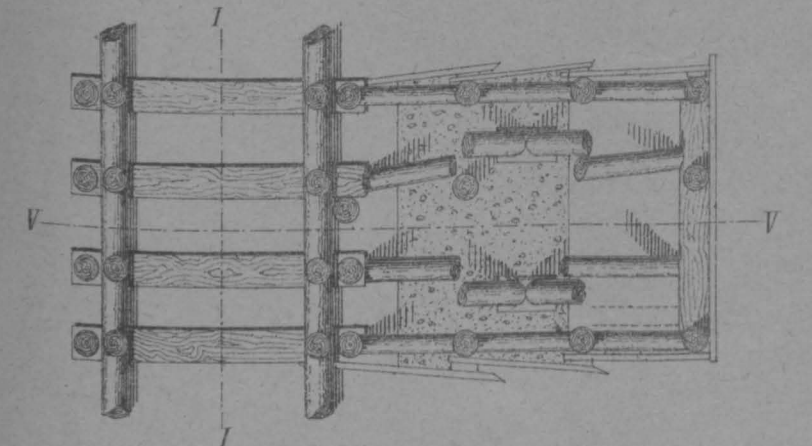


Fig. 21

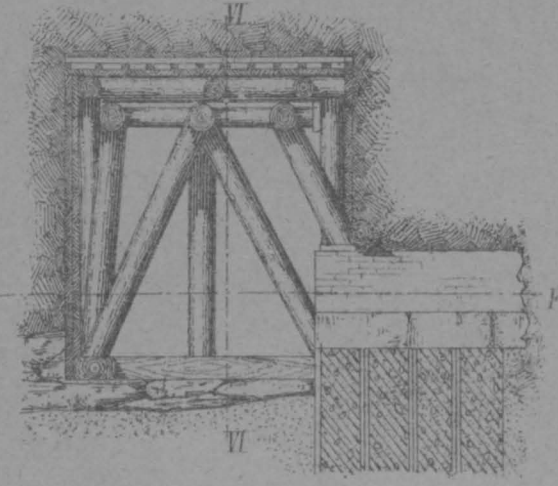


Fig. 26

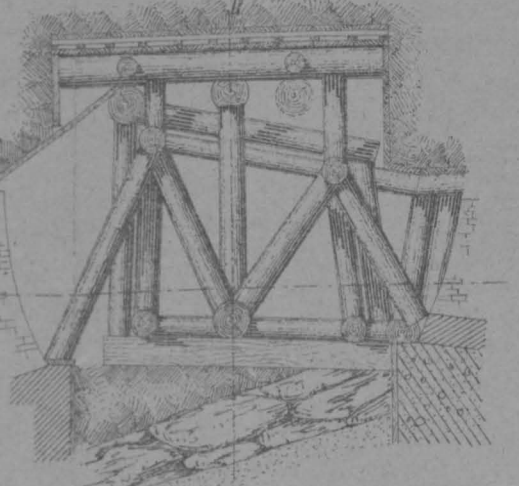


Fig. 30

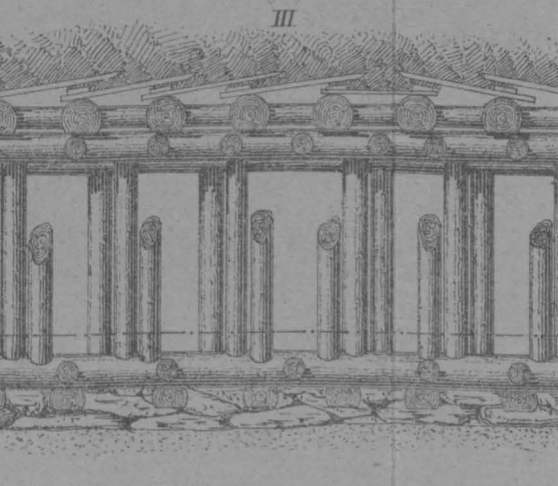


Fig. 33

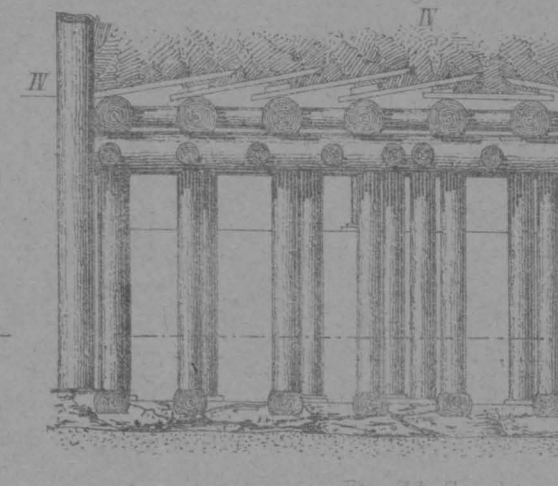


Fig. 20 VI

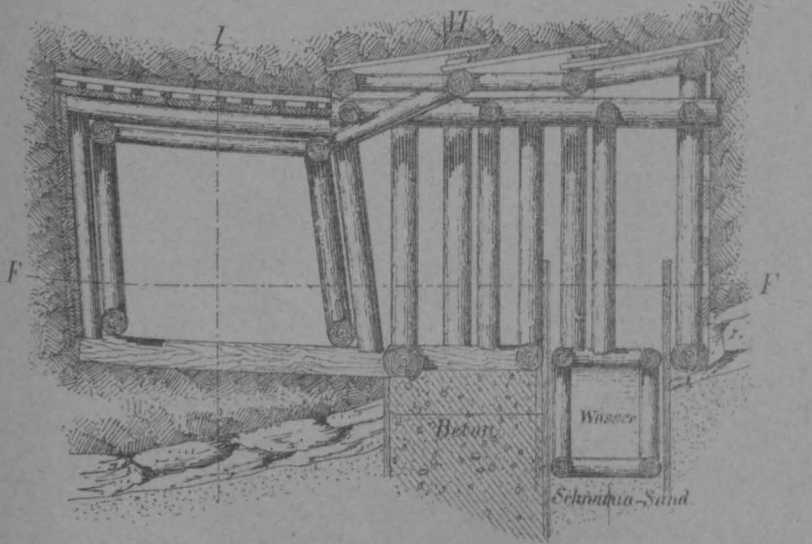


Fig. 23 VII

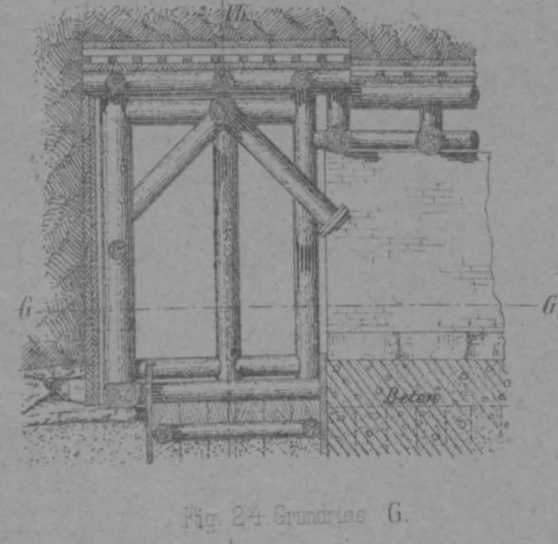


Fig. 25 VIII

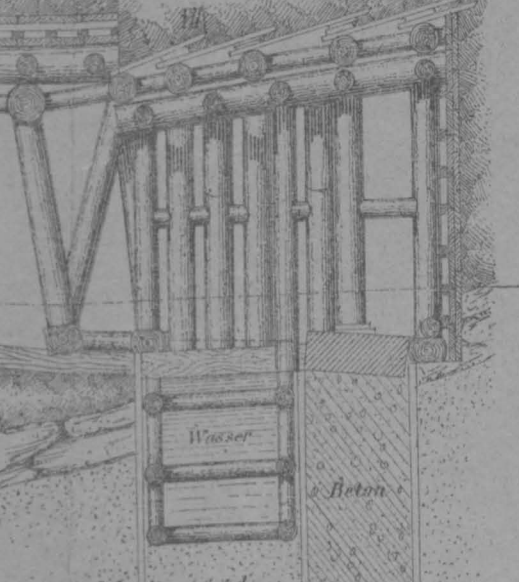


Fig. 31 Grundriss III

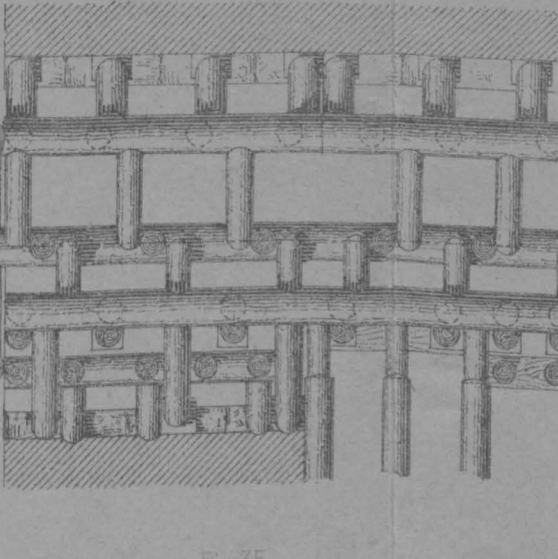


Fig. 34 Grundriss IV

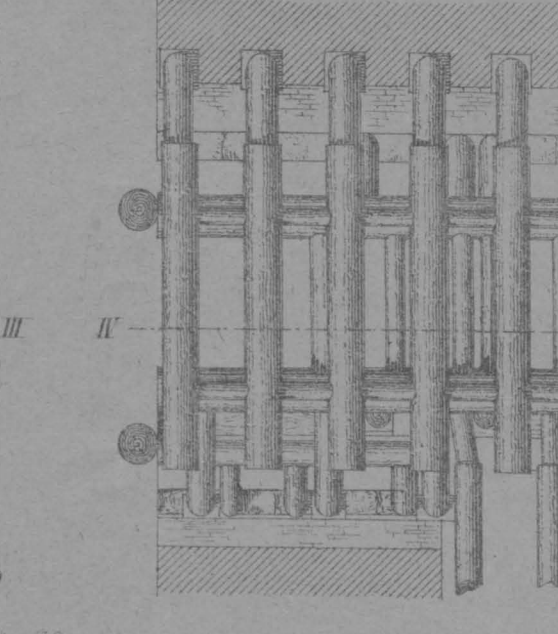


Fig. 22 Grundriss F

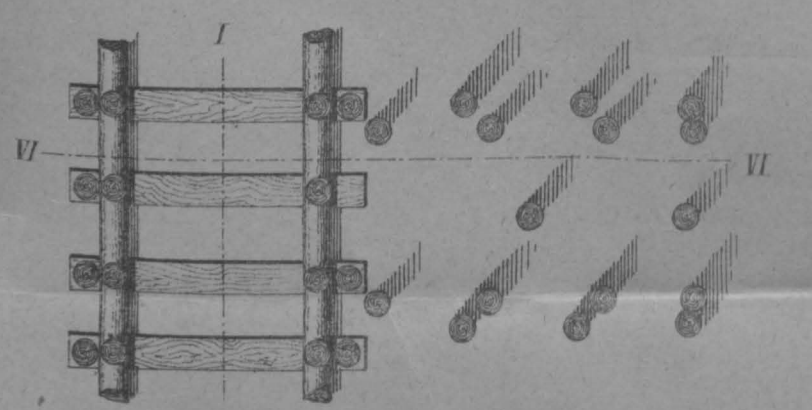


Fig. 24 Grundriss G

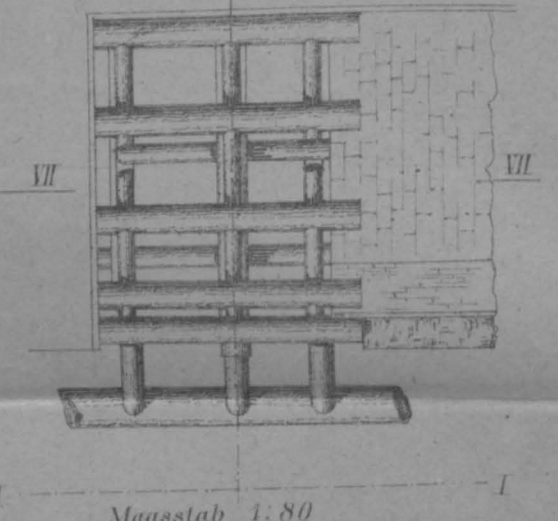


Fig. 28 Grundriss H

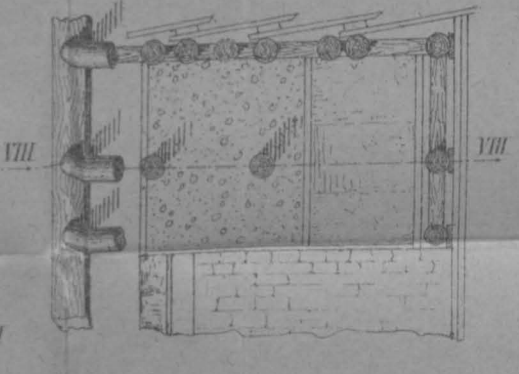


Fig. 35

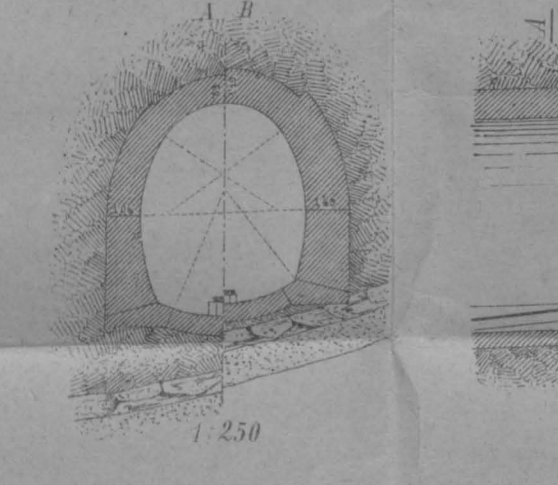


Fig. 36

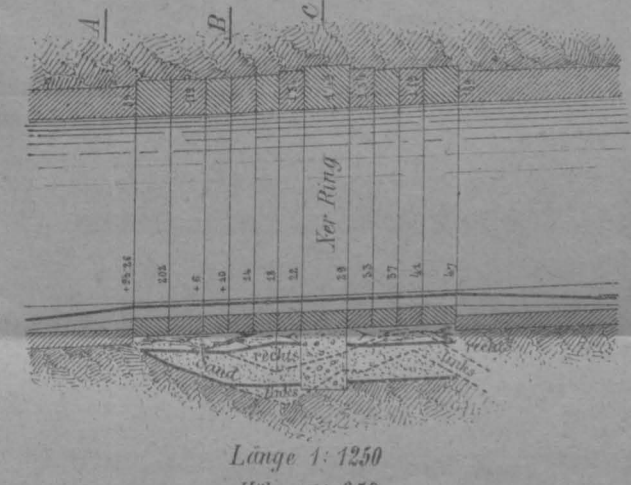
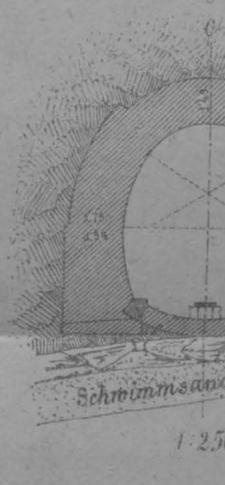


Fig. 37



Maasstab 1:80

1:250

Länge 1:1250
Höhe 1:250

1:250

Fig. 38.

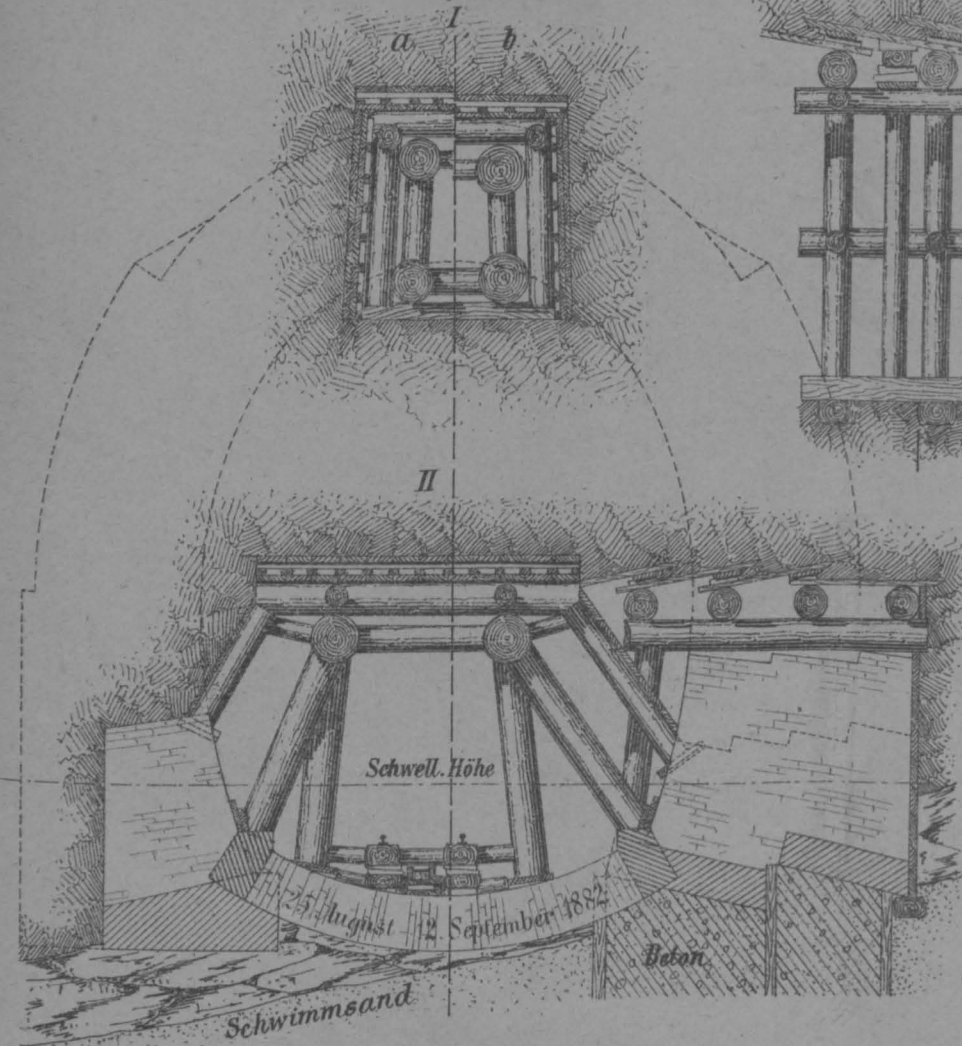


Fig. 39.

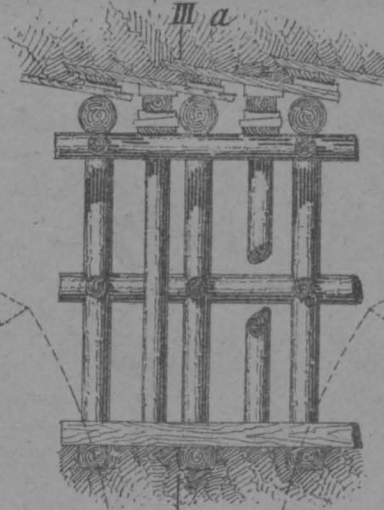


Fig. 40.

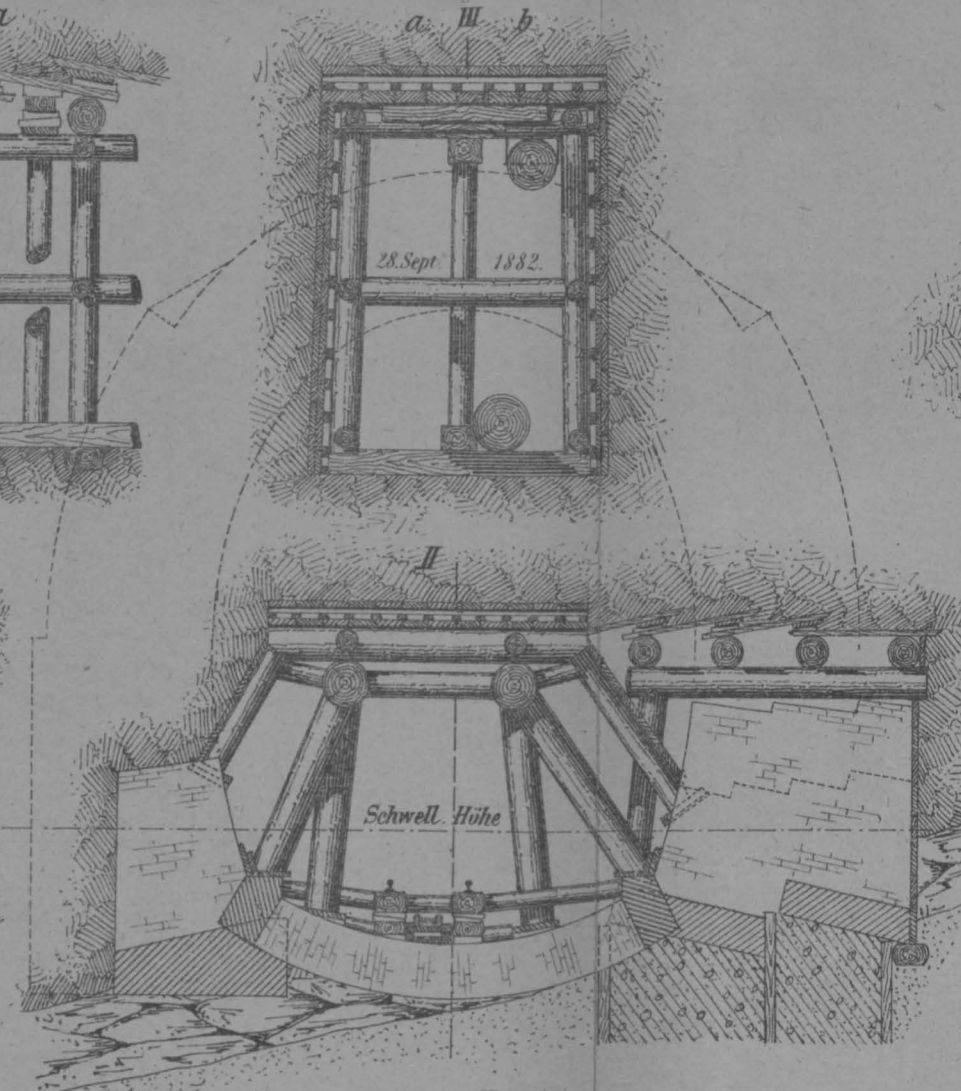


Fig. 41.

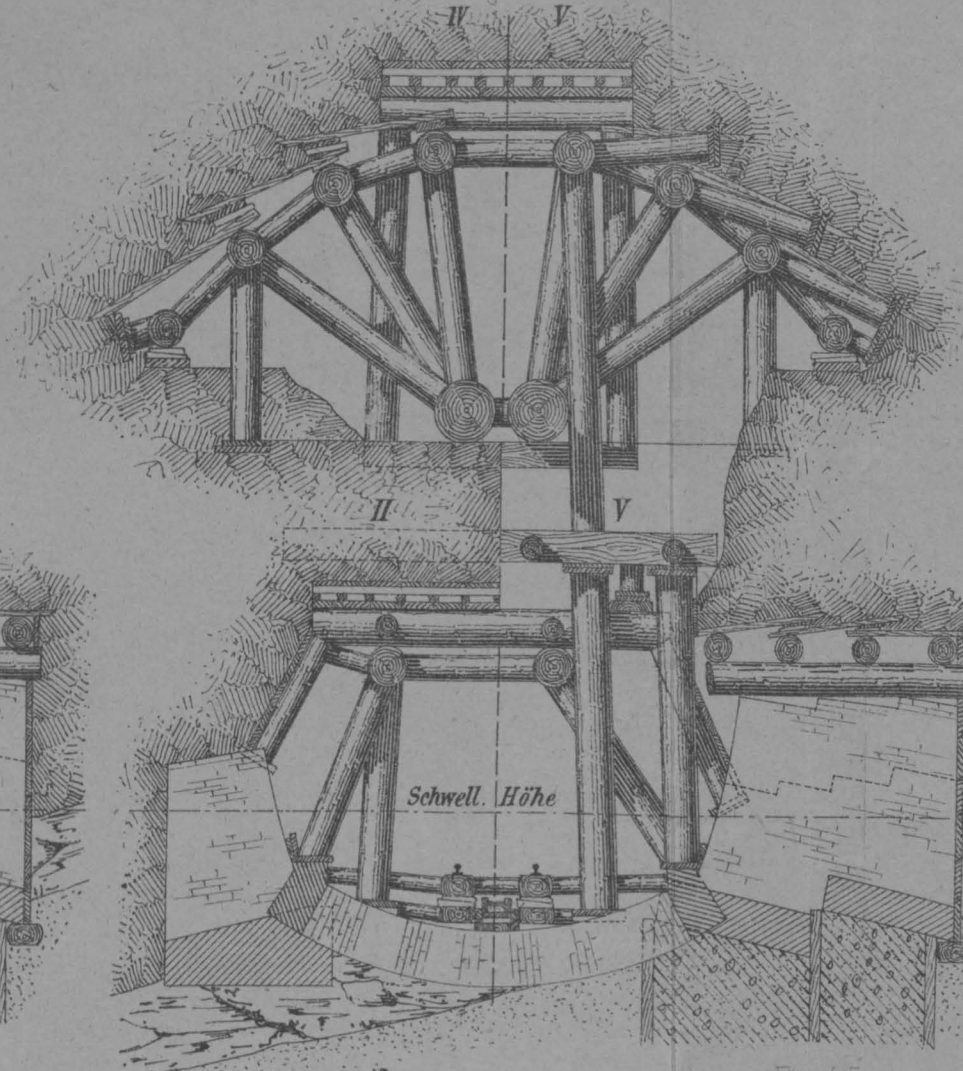


Fig. 42.

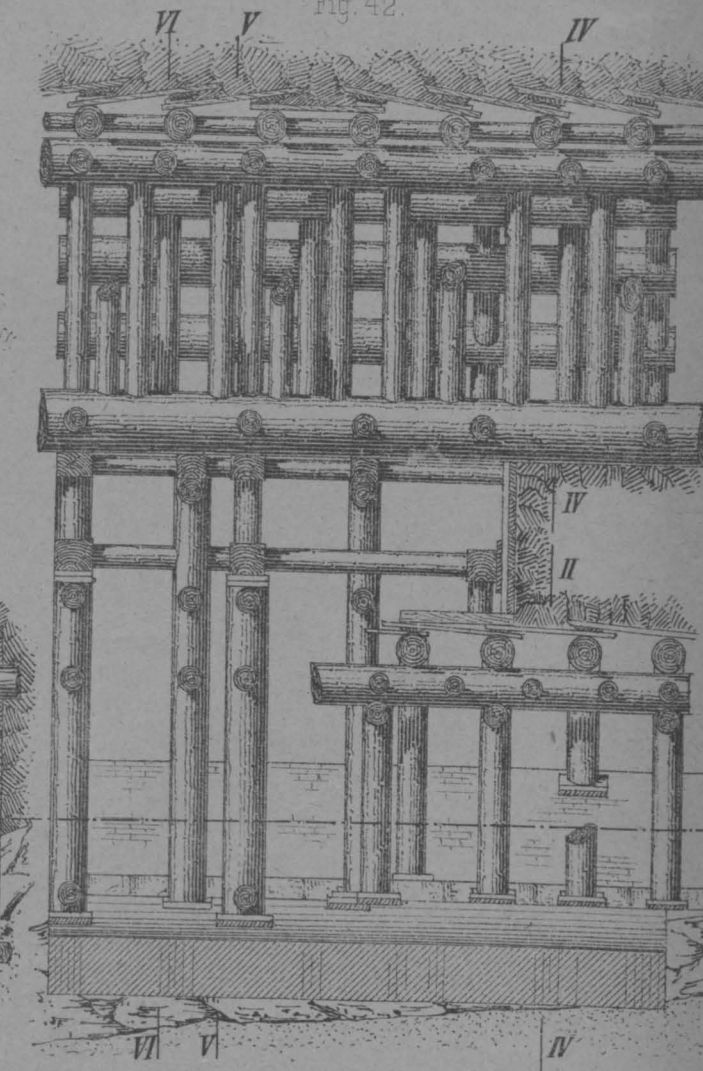


Fig. 43.

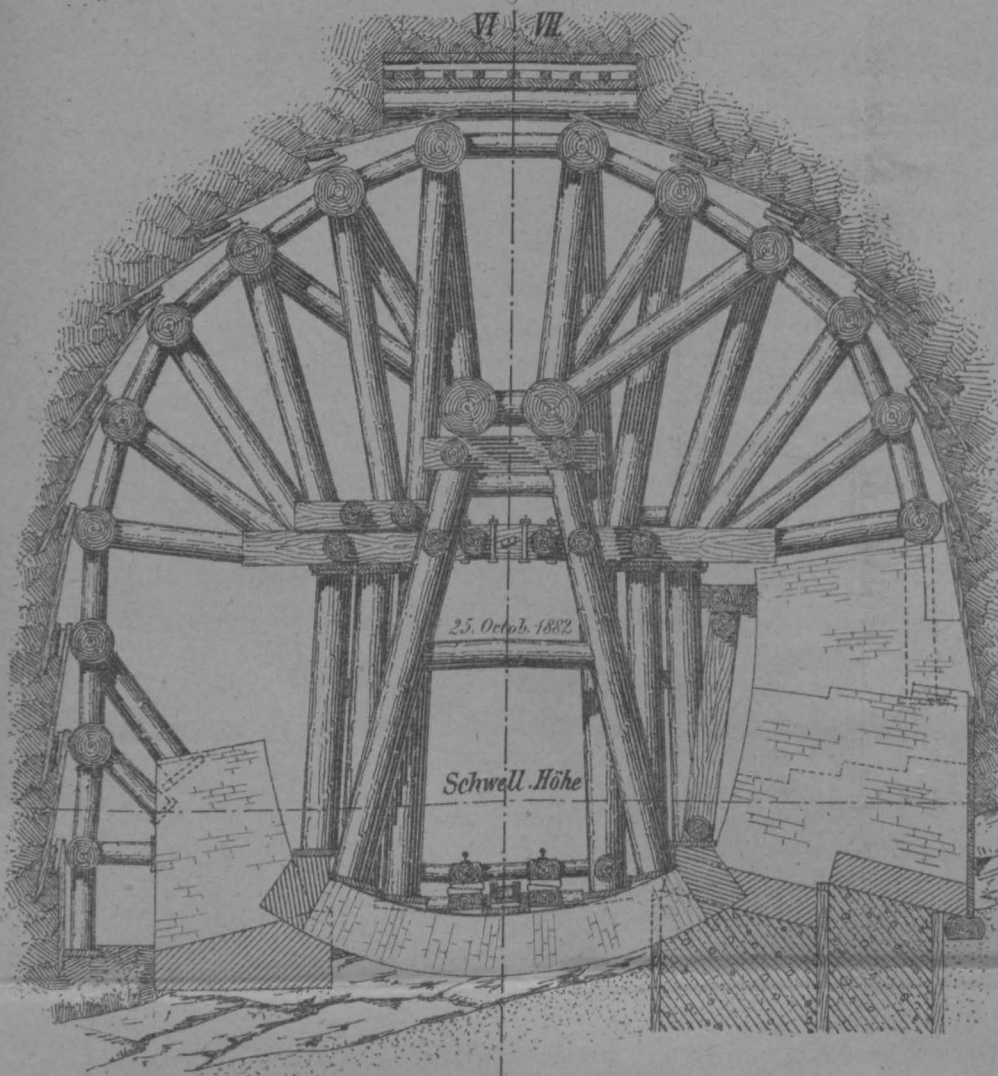


Fig. 44.

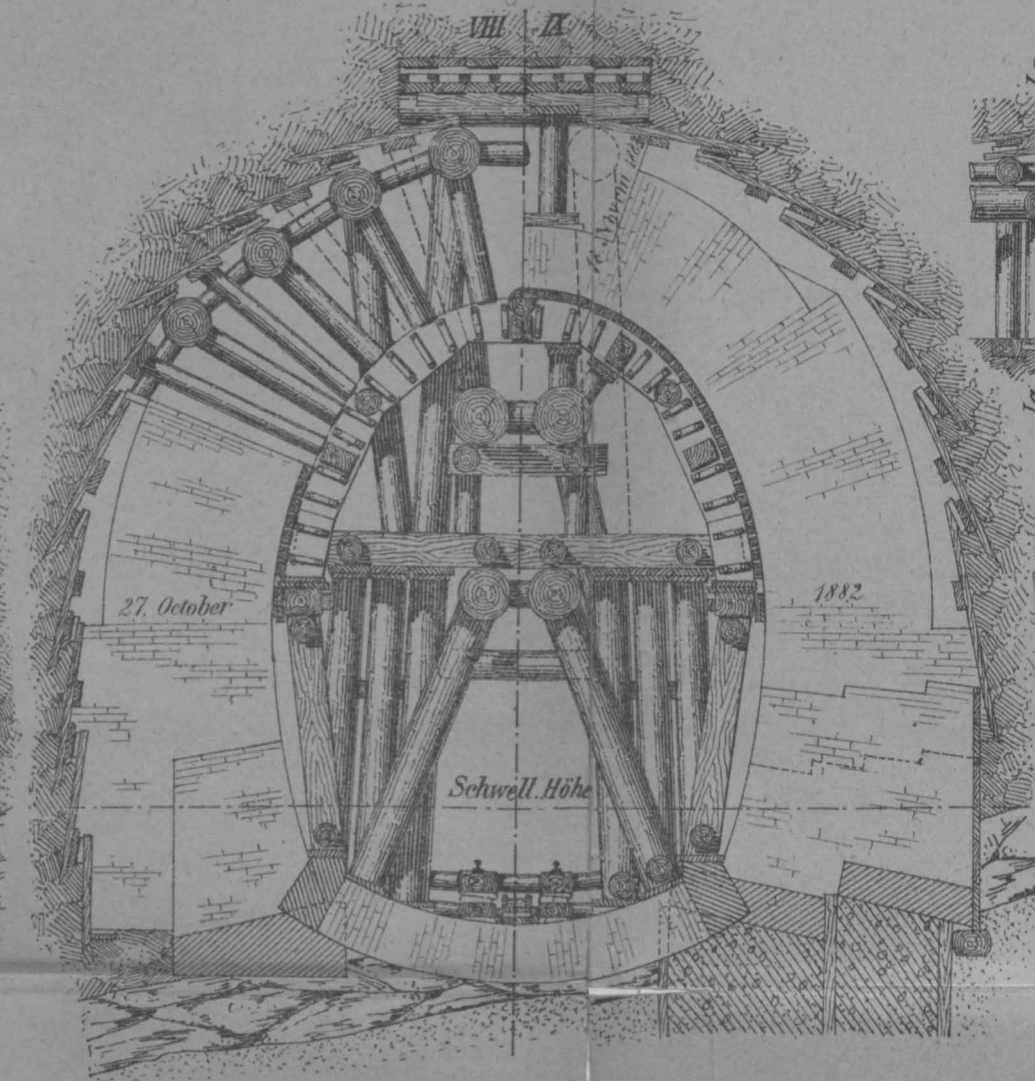
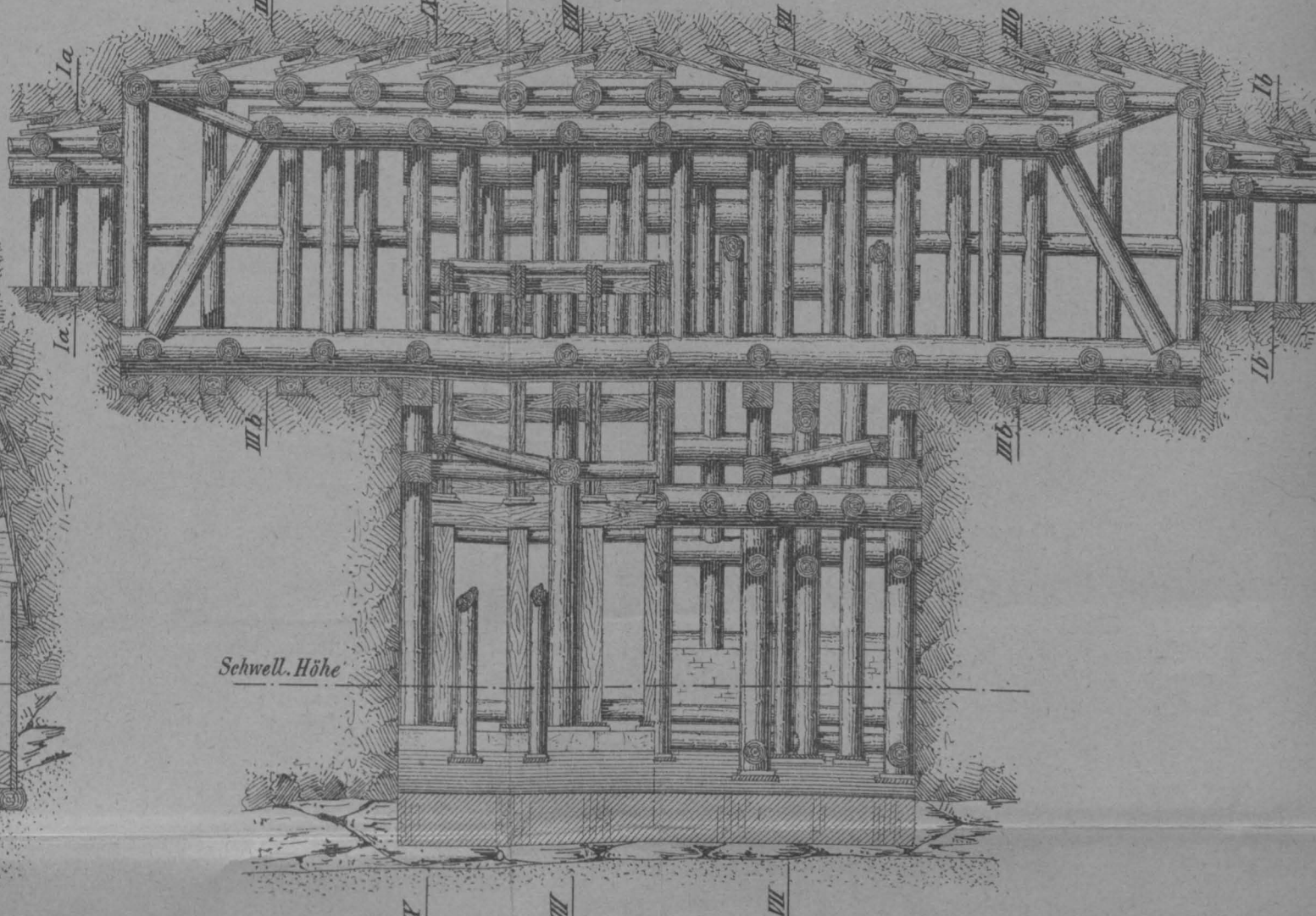
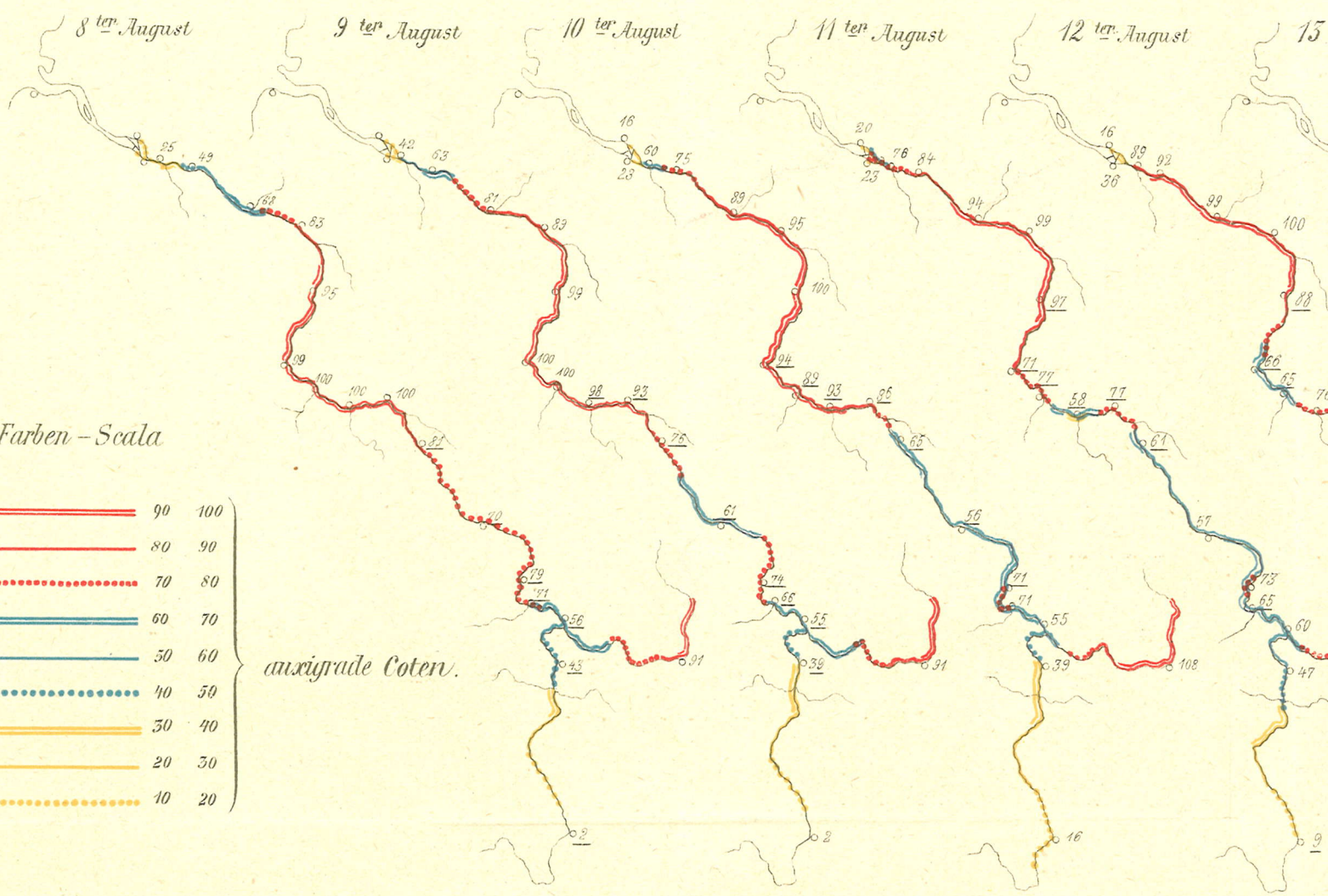
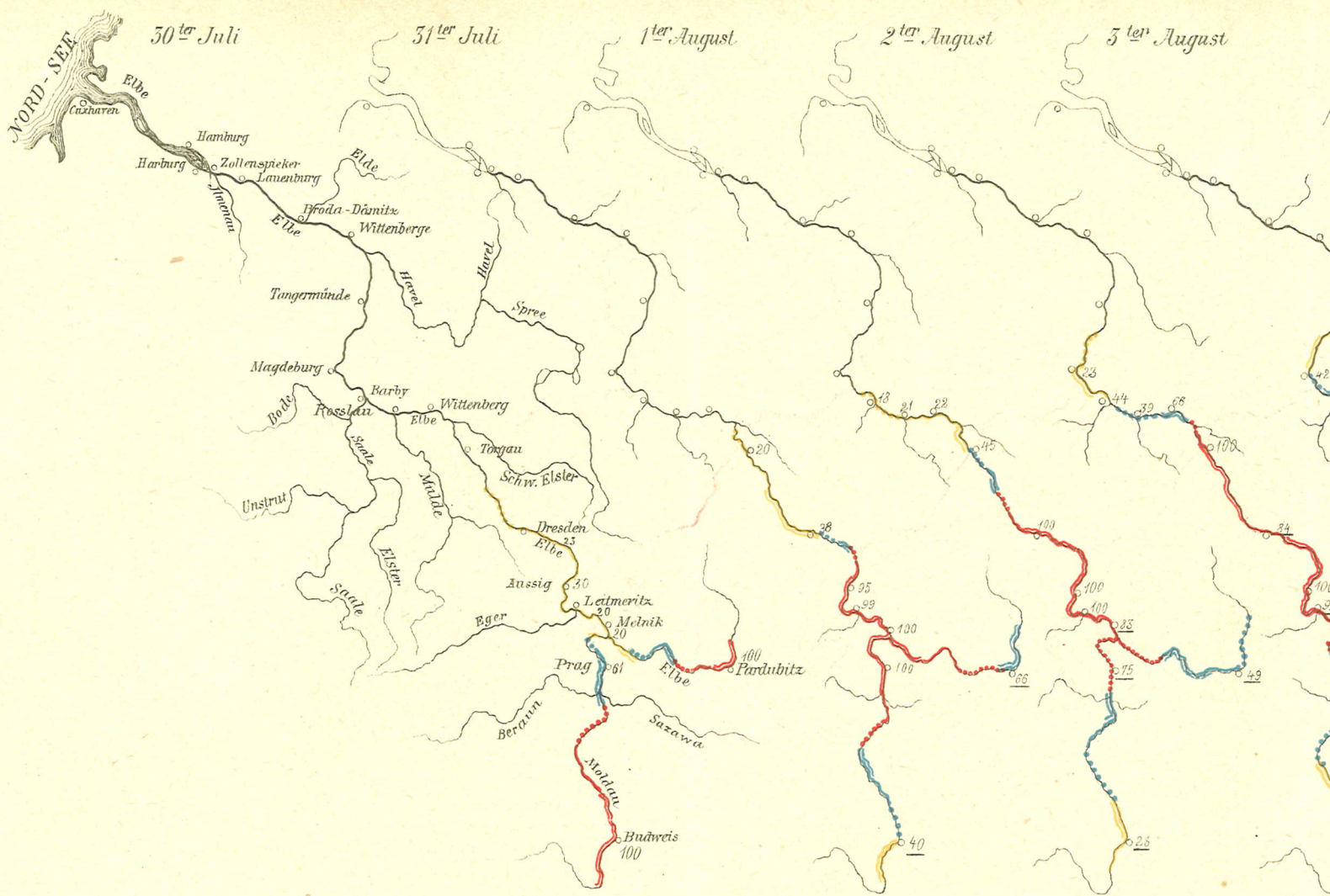


Fig. 45.



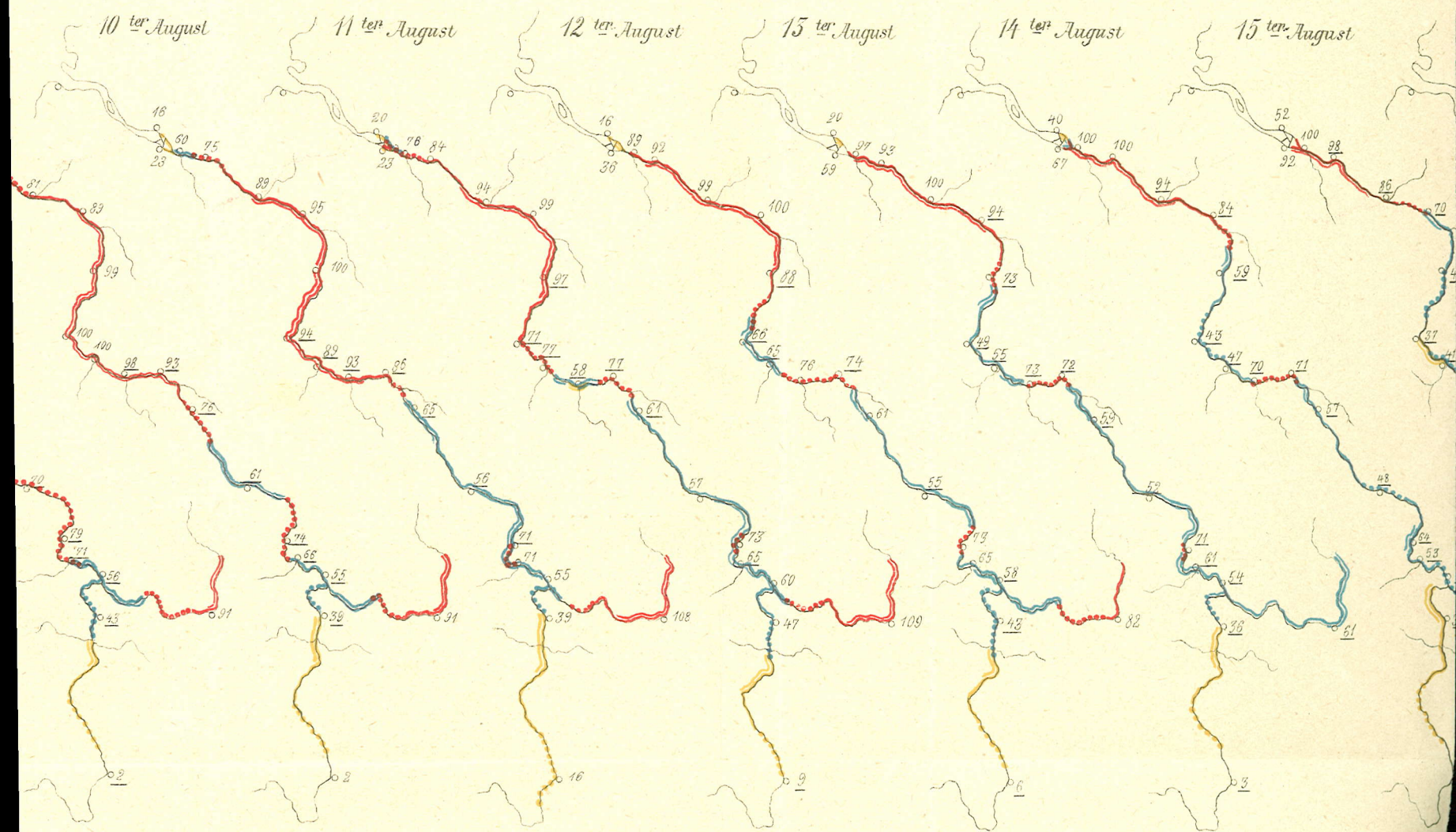
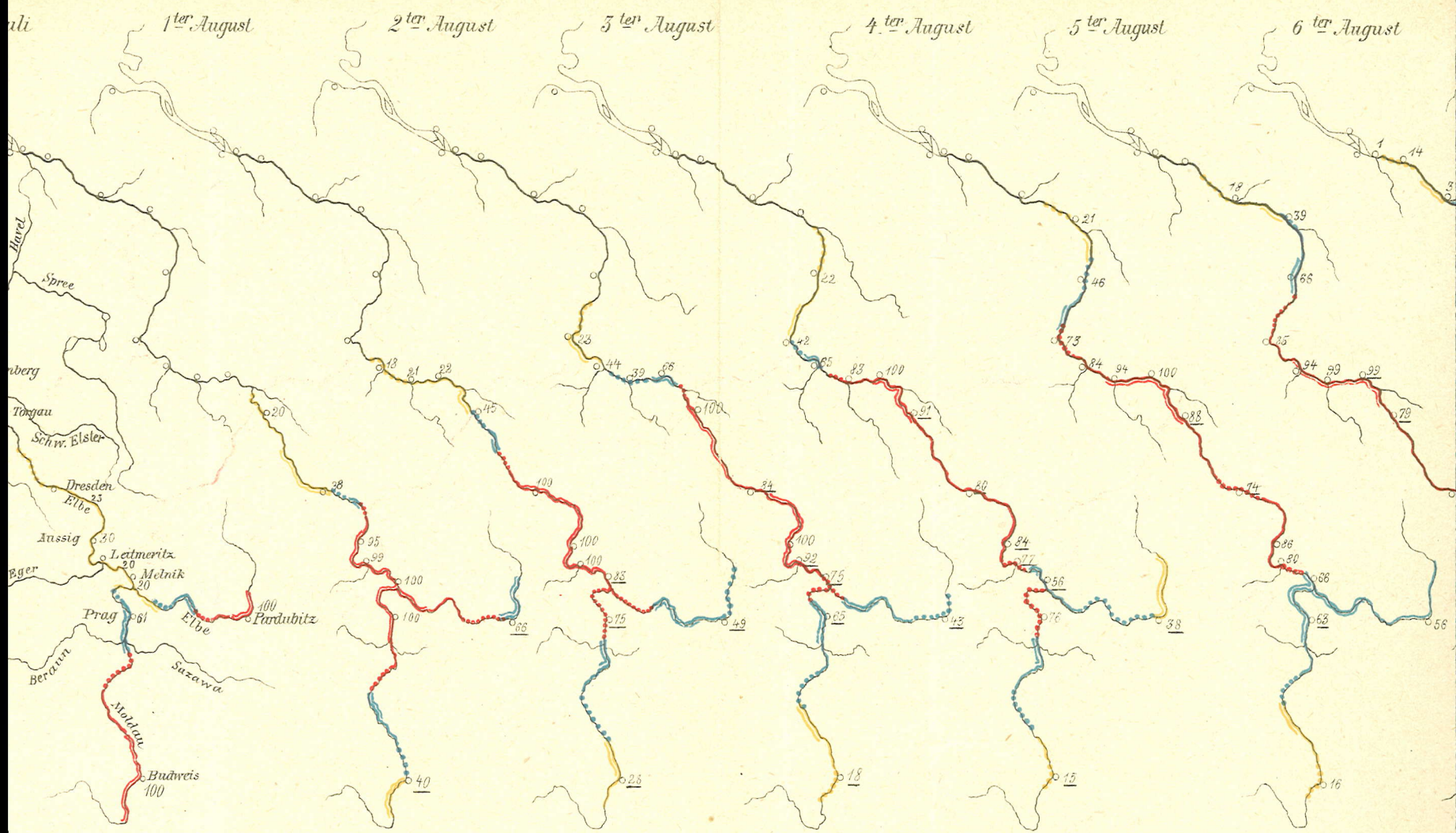
Maasstab 1:80



Farben - Scala



auxgrade Coten.

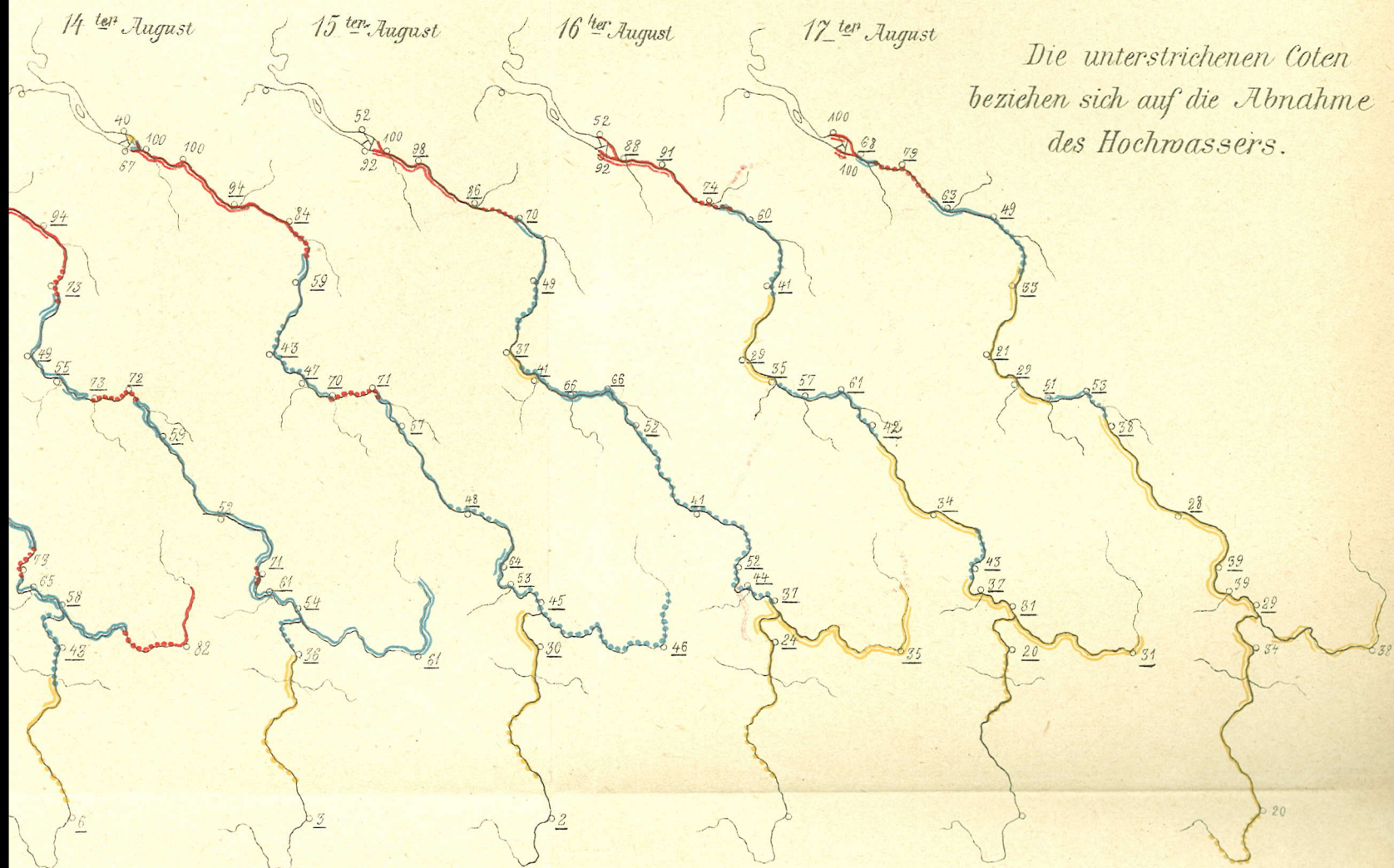
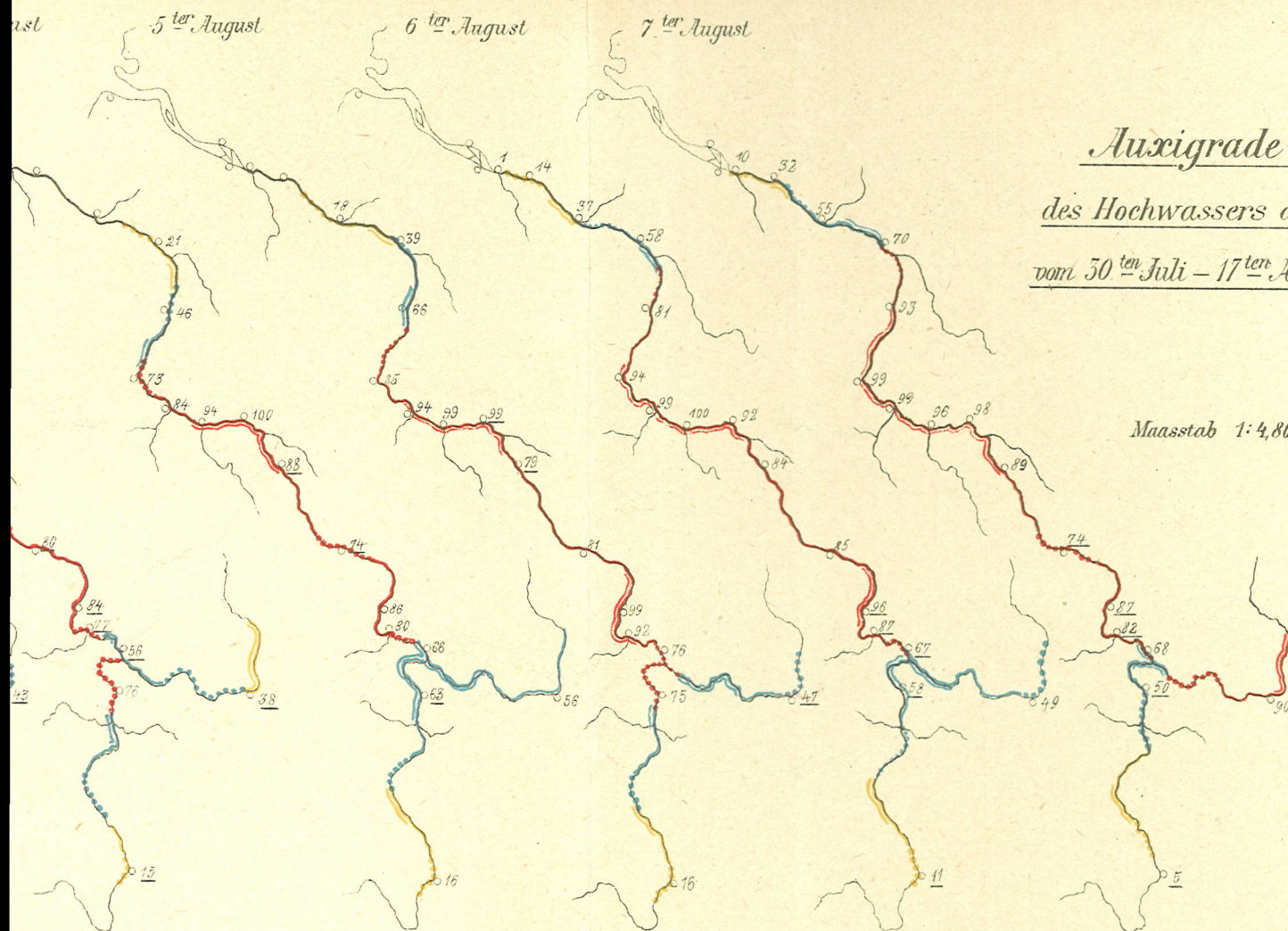


Auxigrade Karte

des Hochwassers der Elbe

vom 50^{ten} Juli – 17^{ten} August 1882.

Maasstab 1:4,800,000



Die unterstrichenen Coten
beziehen sich auf die Abnahme
des Hochwassers.

GRAPHISCHE BEIMMUNG DER PROFILDIMENSIONEN WASSERFÜHRENDER GRÄBEN

Blat 10

Fig. 7.

